

Takkenbos elektronica

Werkboek voor de beginnende hobbyist



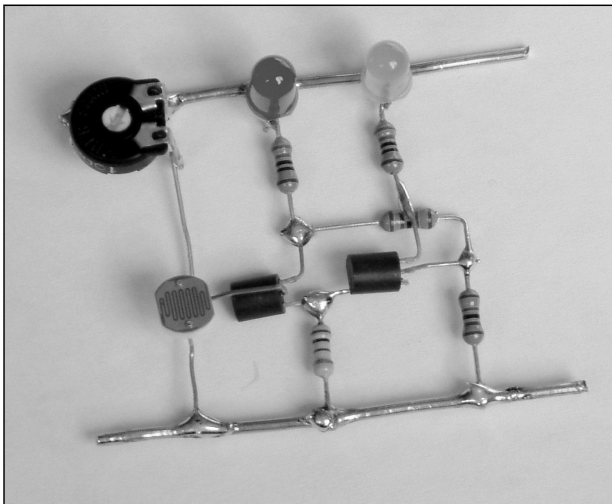
Willem H. M. van Dreumel



Takkenbos elektronica

Werkboek voor de beginnende hobbyist

Willem H. M. van Dreumel



ISBN: 90-805610-5-3

NUGI: 433

Eerste druk: maart 2002

© 2002: Willem H. M. van Dreumel, Nijverdal, alle auteurswet rechten voorbehouden

Vego vof

Vego vof, Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf (NL), vego_vof@compuserve.com, www.vego.nl

Inhoud

	Inleiding	4
1	Veiligheid en gereedschappen	6
	Veiligheid	6
	Gereedschappen en hulpmiddelen	7
	Solderen	8
2	De basis: elektronische onderdelen	10
	Printplaten	10
	Weerstand	11
	Condensatoren	12
	De eerste takkenbos	13
	Dioden	14
	Transistoren	15
3	De eerste eenvoudige schakelingen	16
	De eerste takkenbos, een knipperlicht	16
	De transistor als schakelement	17
	Galgje	17
	De transistor als regelement	18
4	Wij gaan multivibreren!	21
	Het échte knipperlicht	21
	TikkeTakke(bos)	22
	Variaties op een thema	24
	Een theremin	25
5	Spelen met de tijd	27
	LED's besturen met de tijd	27
	Elektronisch schakelen	28
	Andere toepassingen van onze timer	30
	Het relais: een nieuw onderdeel	30
6	Gevoelige schakelingen	32
	De Schmitttrigger	32
	Overige toepassingen	33
7	De flip-flop, de bistabiele multivib	35
	De derde en laatste multivibrator	35
	Takkenbossen combineren	36
	Tijddiagrammen	37
	Het grote voordeel van delen	38
8	Hetzelfde, maar tóch anders	39
	Alle onderdelen in één doosje	39
	Een pulsenkast met de 555	41
9	De 555 in de praktijk	45
	Vorbereiden van het IC	45
	Overige schakelingen met de 555	46
	Trigger schakelingen	50

De 555, een universeel IC	51
10 Operationele versterkers	53
Inleiding	53
De voeding van de 741	54
De eerste op-amp schakeling	56
Méér schakelingen met de op-amp	58
Timerschakelingen	60
Versterkers	61
11 Takke herrie	65
HELIOS	65
Een échte netvoeding	65
De eindtrap	66
Koeling	68
12 Logisch denken	69
Digitale schakelingen	69
Schakelingen met de 4093	70
13 Hollands verkeerslicht	74
Een ingewikkelde digitale schakeling	74
14 Digitale dobbelsteen	77
Een tienteller telt tot zes	77
15 Tot slot	80
16 Foutzoeken	82
17 Toegepaste onderdelen	83
De elektronische onderdelen	83
Boodschappenlijstje	85

Inleiding

Elektronica beheerst de wereld

Geen ander technologiegebied is zo diep in het alledaagse leven doorgedrongen als de elektronica. Zonder dit razend interessante vakgebied zouden we geen Internet, GSM, GPS, Notebooks, Hand Helds en Game Boxes hebben. Deze enorme groei heeft echter ook een schaduwzijde. Door verregaande integratie van onderdelen in chips is het vak ondoorzichtig geworden voor de beginner. Kijk maar naar de elektronica vakliteratuur die tien jaar geleden nog vol stond met interessante bouwprojecten waar je zo in kon stappen. Tegenwoordig zit er al gauw een 8-bitter in en moet je software downloaden.

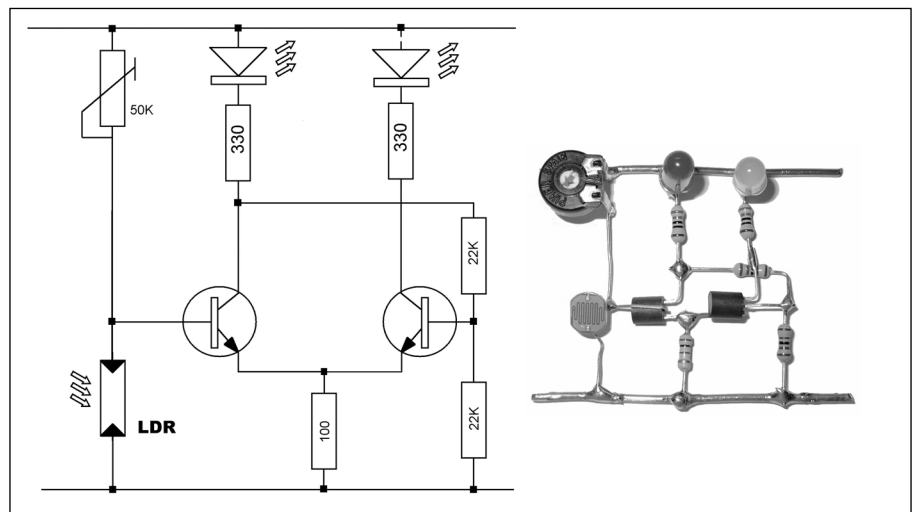
Zélf experimenteren nog steeds leuk

Toch is zélf experimenteren met elektronica leuk, het doet geen grote aanslag op je financiële middelen en de resultaten kunnen imponerend zijn. Elektronica onderdelen worden meestal op een printplaat gemonteerd. Hoewel het maken van een printplaat niet echt moeilijk is, vraagt het toch behoorlijk wat voorbereiding en geklieder met chemicaliën. De eerste kennismaking met elektronica als hobby begint vaak met een schema uit een tijdschrift of boek. Lang niet altijd wordt daarbij een printontwerp gegeven. In dit boek omzeilen we de noodzaak van een geëtsde printplaat door het toepassen van de "takkenbos techniek". Een techniek die door professionele ontwerpers vaak gebruikt wordt voor het snel even uittesten van een nieuw stukje schakeling of een modificatie.

Systematische takkenbossen

We gebruiken standaard onderdelen met aansluitingen in de vorm van koperdraden of pootjes. Even gauw een takkenbosje opzetten geeft zeer snel resultaten en wijzigingen zijn eenvoudig aan te brengen. Nu zien professionele experimentele takkenbossen er meestal niet uit. Onderdelen doorkruisen kris kras de ruimte en van zichtbare ordening is geen sprake.

De schakeling en de takkenbos



Door echter onze takkenbos bouwwijze systematisch op te zetten wordt een uitstekende koppeling met de eraan ten grondslag liggende elektronische schema's bereikt. Ze zien er dan ook in veel gevallen vrijwel hetzelfde uit.

Een uiterst praktisch boek

Dit boek is geen theorieboek. Hoewel er wel aandacht aan de achtergrond wordt besteedt, gaan we niet veel verder dan de wet van Ohm en enkele andere simpele berekeningen. Het uitvoeren van de projecten

vraagt weinig achtergrondkennis. Toch is de opbouw gestructureerd als in een leerboek. Vanuit eenvoudige één-transistor schakelingen komen de meest gebruikte elektronica basisschakelingen aan bod in herkenbare toepassingen. Bovendien wordt de analogie tussen diverse technologie-platforms zichtbaar door basisschakelingen te presenteren in discrete onderdelen, maar ook uitgevoerd in verschillende geïntegreerde technologieën. Hierdoor is het boek ook geschikt voor de onderwijssituatie.

**Goedkoop
knutselplezier**

We stellen de eis dat er aan de schakelingen enig plezier beleefd moet kunnen worden, zowel tijdens het bouwen als in het gebruik. Mocht een takkenbos schakeling geschikt zijn voor een langer leven, dan kan hij mechanisch gestabiliseerd worden zodat hij niet gemakkelijk vervormd waardoor kortsluiting kan optreden. Hoe dat in zijn werk gaat komt in diverse hoofdstukken aan de orde. We stellen ook de eis dat de kosten laag moeten blijven. Geen geavanceerde componenten, allemaal onderdeeljes uit de winkel op de hoek die elke elektronica amateur her en der verspreid in bakjes thuis heeft liggen. Dit is ook de reden dat een onderdelenlijst is toegevoegd waaruit zichtbaar wordt wat nodig is om alle projecten te kunnen bouwen. Door de hoge mate van integratie van onderdelen in chips zijn we gewend geraakt aan klein. Zo past een fietscomputer op een vierkante centimeter. Takkenbossen zijn in het algemeen geen schoolvoorbeeld van miniaturisering. Door de draden van de onderdelen zo kort mogelijk af te knippen kan toch een compact geheel ontstaan. Omdat we een aantal basisbouwstenen opzetten kunnen we de onderlinge functies gemakkelijk combineren tot een complexer geheel. In het boek treffen we hiervan meerdere voorbeelden aan.

*maart 2002
Willem H. M. van Dreumel*

1 Veiligheid en gereedschappen

Veiligheid

CE-gekeurde voeding

Hoewel we met laagspanningselektronica werken, zijn er toch enkele zaken die we in de gaten moeten houden. Omdat het gebruik van batterijen niet altijd handig is, passen we een netvoeding toe. De keuze van zo'n voeding wordt verderop besproken. Let er echter wél op dat de voeding voorzien is van het CE-keurmerk.

Een “dikke steker” heb je nodig voor het voeden van de takkenbossen



Langdurige kortsluiting in een schakeling kan leiden tot oververhitting van de voeding. Controleer regelmatig of de temperatuur van het voedingsblok niet te hoog oploopt, zeker in die gevallen dat een schakeling niet werkt. Negen op de tien keer maken draadjes in de takkenbos in zo'n geval onbedoeld contact met elkaar waardoor sluiting kan ontstaan.

Hete soldeertin

De soldeerbout die we gebruiken is behoorlijk heet. Ook de draden die we met soldeer verbinden worden gemeen warm. Gebruik dan ook een pincet om de draden tijdens het solderen vast te pakken en geef de verbindingen rustig de tijd om af te koelen. Leg de soldeerbout in een standaard als hij niet gebruikt wordt. De hete punt kan grote schade aanrichten aan kunststof voorwerpen.

Giftige dampen

Soldeertin bevat een harskern die ervoor zorgt dat de tin mooi uitvloeit. Bij verhitting van de kern ontstaan dampen die je beter niet kunt inademen. Zorg voor ventilatie van je af zodat de rook niet in je gezicht kringt.

Geen speelgoed voor het jongste broertje

Elektronica onderdelen zijn klein. Bewaar ze in doosjes vóór buiten het bereik van de kleintjes. Een gekleurde condensator kan verdacht veel op een snoepje lijken. Zorg ervoor dat de kleintjes ook flink uit de buurt van de werkplek blijven waar draden, een hete soldeerbout en leuke kleine speeltjes een grote aantrekkingskracht uitoefenen op de nieuwsgierige peuter.

Afvalverwerking

Sommige elektronica componenten mag je niet gewoon bij het huisvuil doen. Van batterijen weten we dat. Maar een lichtgevoelige weerstand bijvoorbeeld, bevat een kleine hoeveelheid cadmiumsulfide. Dat hoort bij het klein chemisch afval. Nu zul je een LDR niet snel weggooien. Maar toch, goed om te weten.

Gereedschappen en hulpmiddelen

Soldeerbout

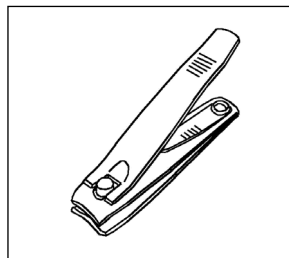
Een goede soldeerbout is het halve werk, zoals bijvoorbeeld deze bout van Weller



Valt zo'n apparaat buiten het budget, koop dan een gewone bout met een vermogen van 15 of 20 W (watt) met een zeer fijne punt. Electronisch geregelde versies hebben vaak meer vermogen.

Pincet en nagelknipper

Een nagelknipper is een goedkope en net zo handig werkende vervanger voor de dure kniptang



TIP: Bewaar afgeknipte weerstandsdraadjes, ze zijn handig voor het maken van verbindingen.

De voeding

Elektronica schakelingen hebben een voedingsbron nodig. Batterijen lijken aantrekkelijk, maar zijn duur en meestal leeg als je ze nodig hebt. Veel handiger is een "dikke steker", een laagspanningsvoeding ingebouwd in een steker. Veel verplaatsbare elektronische apparaten hebben er een. Ze zijn ook los te krijgen in de TV-winkel. Als je er een te pakken kunt krijgen met een spanning tussen 9 en 15 V (volt) en hij kan ook nog minimaal 200 mA (milli-ampère) leveren, dan zit je goed. Deze gegevens vind je terug op de "dikke steker" zelf. Check ook even het CE-keurmerk.

Aan het eind van de draad zit een plugje. Dat knippen we eraf (natuurlijk niet terwijl de steker in het stopcontact zit!). Het is nu van groot belang de plusdraad goed te markeren, bijvoorbeeld met plakband. Als je niet weet wat de plusdraad is, gebruik je een universeelmeter. Vaak is de plusdraad gemarkeerd. Mocht je er niet uitkomen, wacht dan even tot in hoofdstuk 3. Daar wordt een eenvoudige methode beschreven om erachter te komen welke de plusdraad is.

Een universeelmeter

Hoewel niet echt nodig, is een eenvoudige universeelmeter erg handig. Die koop je tegenwoordig in de elektronica handel of bij de doe het zelf al voor minder dan 10,00 Euro.

Een goede digitale universeelmeter is niet écht nodig, maar wél erg handig

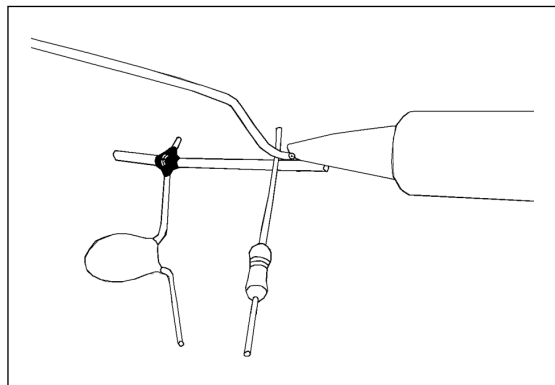


Je kunt er spanningen mee meten en de waarde van weerstanden bepalen. Bij het zoeken naar fouten bewijst dit instrument onschatbare diensten.

Solderen

Solderen vraagt de nodige handigheid omdat er meestal vier bewegende delen in het spel zijn. De soldeerbout, soldeertin, de twee te verbinden draadjes. Maar is niet echt moeilijk als we op de volgende punten letten.

Solderen een kunst? Niet bepaald, maar enige handigheid is toch wél noodzakelijk



- ◆ Zorg ervoor dat de te verbinden draden stabiel zijn.
- ◆ Soms kan een gewichtje helpen ze vast te houden.
- ◆ Houd de tip van de bout zo dicht mogelijk bij de te verbinden draden zonder ze te raken.
- ◆ Het is niet de bedoeling dat we de onderdelen van te voren heet stoken. De soldeertin moet het werk doen.
- ◆ Breng de soldeertin tegen de hete boutpunt en zodra deze uitvloeit duwen we de tin en de bout tegen de te verbinden delen. De druppel tin zal uitvloeien over de verbinding.
- ◆ Houd de bout gedurende ongeveer een seconde tegen de verbinding om zeker te weten dat de tin mooi vloeit. Zeker niet langer! De tin zal dan oxideren en zijn glans verliezen.

- ◆ Een goede soldeerverbinding glanst.
- ◆ Een matte soldeerverbinding is te lang heet gestookt.
- ◆ Een matte verbinding kan hersteld worden door nogmaals te solderen, de overmaat tin vloeit dan terug naar de soldeertip en de verbinding glanst weer.
- ◆ Na enkele verbindingen gemaakt te hebben kan zich aan de soldeertip (de punt van de soldeerbout) een druppel vormen. Tik deze er regelmatig af.
- ◆ Geschikte soldeertin heeft een diameter van één millimeter en heeft een harskern. Tin wordt geleverd door de elektronica handel. Ga dus niet naar de loodgieter of doe het zelf zaak. Die hebben wel iets dat er op lijkt, maar dat is volkomen ongeschikt voor het maken van takkenbossen.
- ◆ De harskern zal bij het uitvloeien een rookkringeltje veroorzaken. Die damp moet dus niet worden ingeademd! Het is een goede gewoonte tijdens het solderen lichtjes over de verbinding te blazen. Niet te hard, want dan heeft het een koelend effect. Het is meer een ademtechniek die ervoor zorgt dat er tijdens de dampvorming uitgeademd wordt.
- ◆ Als een schakeling niet werkt is het nakijken van de soldeerverbindingen de eerste stap in het foutzoek proces.

Verlies de moed niet als het even niet wil lukken, een beetje oefening baart kunst. Bovendien hoeven de takkenbossen niet naar Mars en worden ze ook niet ingezet in een verkeerslichten centrale op een drukke kruising. Een niet helemaal optimale verbinding kan geen rampen veroorzaken. Bovendien is dit werkboek juist opgezet om de techniek in de vingers te krijgen. En daar hoort het maken van fouten nadrukkelijk bij.

2 De basis: elektronische onderdelen

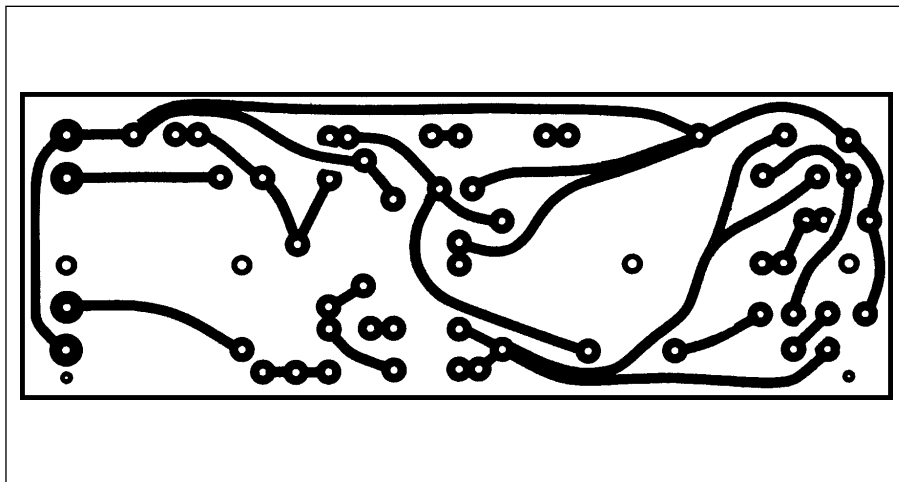
Printplaten

Epoxy plaat

We maken in dit boek geen gebruik van printplaten. Toch is het handig er iets van af te weten. In bijna alle elektronische apparatuur in huis zit wel een printplaat. In veel gevallen bestaat een printplaat uit een kunst-hars (epoxy) waarin een glasvezelwapening is geperst. De goedkopere printplaten zijn echter van pertinax zonder glasvezel-versterking.

Een printplaat is enkel- of dubbelzijdig voorzien van een laagje koper. Dit koper wordt zodanig lokaal chemisch weggeëtsd dat een bedrading ontstaat waarmee de op de print te monteren onderdelen met elkaar verbonden worden. Die onderdelen zitten netjes op één zijde van de printplaat en worden op de andere zijde op het koper gesoldeerd.

De koperen sporen op de printplaat vormen de "bedrading" tussen de onderdelen



De sporen kunnen met een speciale pen op het koper getekend worden voordat het etsen plaatsvindt. De inkt voorkomt dat het koper eronder weggeëtsd wordt.

Fotogevoelige printplaat

Printplaten zijn ook te koop met een laagje lichtgevoelig materiaal dat het koper afdekt. Hierdoor kan de afbeelding van de bedrading fotografisch op de printplaat worden overgebracht.

Printen slopen?

Het lijkt aantrekkelijk de printplaten uit een defect apparaat te slopen voor de onderdelen. Pas daarbij verschrikkelijk op! Bepaalde onderdelen zoals condensatoren, kunnen nog heel lang zeer hoge spanningen voeren.

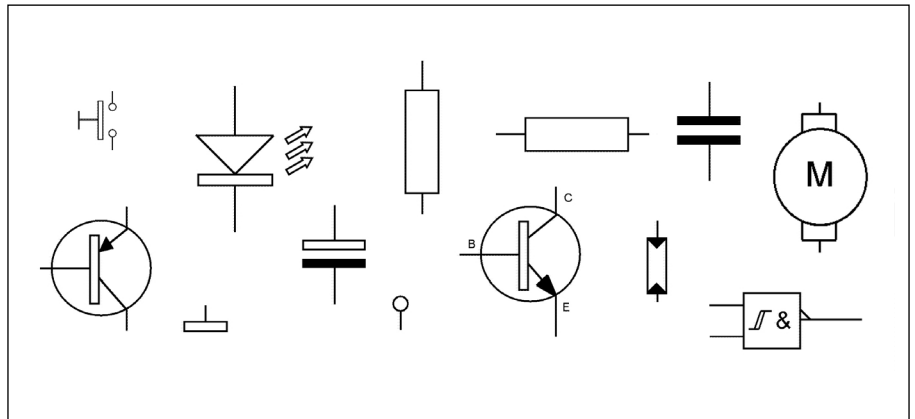
Bovendien overleven alleen weerstanden demontage over het algemeen goed. En dat zijn nu net de goedkoopste componenten. Nieuwe, of uit eigen schakelingen hergebruikte onderdelen zijn verreweg het meest betrouwbaar.

Symbolen en schema's

Symbolen

Al die verschillende onderdelen op de printplaat moeten natuurlijk van elkaar onderscheiden worden. Dus heeft men symbolen bedacht, kleine tekeningetjes met aansluitpunten. Er zijn honderden verschillende soorten elektronische onderdelen, die ieder een eigen symbool hebben.

***Twaalf symbolen van
twaalf verschillende
elektronische
onderdelen***

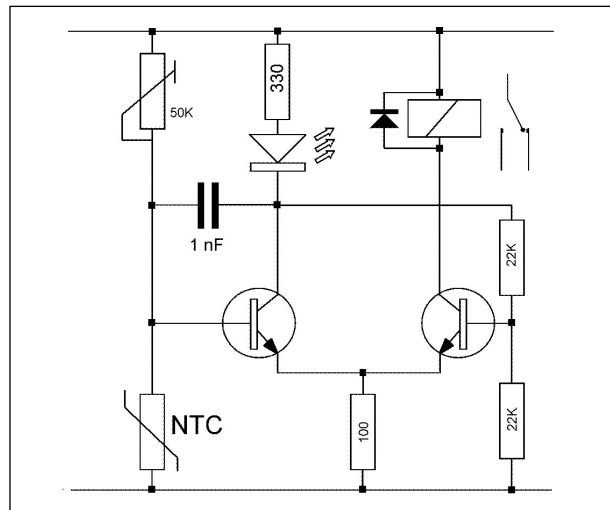


Geen paniek, in dit boek zal je hooguit een tiental elektronische symbolen tegenkomen.

Schema's

Zoals we reeds schreven worden elektronische onderdelen met elkaar verbonden. Hoe dat precies moet volgt uit het schema. In een schema staan de symbolen van alle toegepaste elektronische onderdelen. De onderlinge verbindingen worden voorgesteld door horizontale en verticale lijntjes die de symbolen met elkaar verbinden.

***Een klein schemaatje
waarin twaalf
elektronische
onderdelen,
voorgesteld door hun
symbolen, met elkaar
verbonden zijn***



Je merkt op dat de lijnen elkaar snijden en dat er soms bolletjes op de snijpunten worden getekend en soms niet. Een bolletje betekent dat de lijnen op dát punt elektrisch contact met elkaar maken. Staat er géén bolletje, dan wil dit zeggen dat de lijnen géén elektrisch contact met elkaar maken.

Weerstanden

Belangrijke onderdelen

Weerstanden spelen in de elektronica een grote rol. In schema's worden weerstanden met een R aangeduid. Kenners onder elkaar spreken dan ook van een "erretje". Als iemand je om een erretje van 10K vraagt, kom je dus niet met erwt van 10 kilo aanzetten, vooropgesteld dat zoiets zou bestaan.

De wet van Ohm

In de inleiding is de wet van Ohm genoemd. Die heeft betrekking op weerstanden. Door een weerstand loopt een stroom die afhankelijk is van de spanning die erover staat. De weerstandswaarde is genoemd naar de Heer Ohm die ook de ontdekker van de wet van Ohm is.

$$I = V/R$$

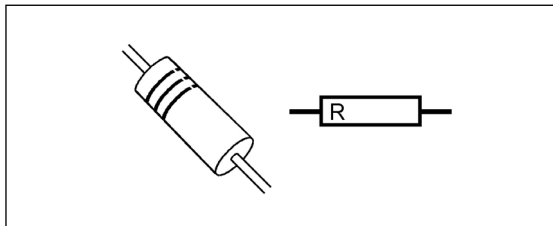
De stroom I door een weerstand is gelijk aan de spanning V over de weerstand gedeeld door de weerstandswaarde R . Deze formule is ook te schrijven als $V = I \times R$ of $R = V/I$.

Veel elektronica probleempjes kunnen opgelost worden met deze simpele formule.

De waarde van een weerstand

De waarde van een weerstand wordt in ohm uitgedrukt. Een koperdraad heeft praktisch een waarde van nul ohm. Een hoge waarde voor weerstanden ligt in het bereik van Mega ohm, waarbij zoals je weet Mega “heel veel” betekent. Om precies te zijn: 1 Mohm is gelijk aan één miljoen ohm. Daarnaast bestaat ook de kohm die natuurlijk gelijk is aan 1.000 ohm.

Links een weerstand zoals we hem in de winkel kunnen kopen, recht het symbool van dit onderdeel



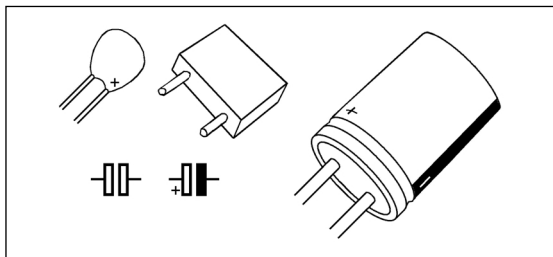
Om het een beetje overzichtelijk te houden kunnen we weerstanden kopen in een aantal vastgelegde waarden. In hoofdstuk 17 is een tabel opgenomen met een reeks normaal verkrijgbare weerstanden.

Condensatoren

Kenmerken

Condensatoren kun je misschien nog wel het best vergelijken met kleine oplaadbare batterijtjes. Hoe groter de waarde, hoe meer “stroom” erin past. We geven de waarde van een condensator dan ook aan met het woord “capaciteit” of met andere woorden “hoeveel past er in”. Ook hier geldt: geen overbodige theorie, de praktijk zal ons de functie van condensatoren veel beter kunnen uitleggen.

Drie verschillende soorten condensatoren: tantaal, MKH en elco met daaronder de twee symbolen die voor dit onderdeel worden gebruikt



In schema's wordt een condensator met een C aangeduid. In vakjargon heet een condensator dan ook een “ceetje”. Grote elektrolytische en tantaal condensatoren hebben een plus en een min, net als bij een batterij. Kleinere waarden kennen dit onderscheid niet.

De waarde van condensatoren

De waarde van condensatoren wordt voorgesteld door F (farad). Een farad is echter véél te groot en vandaar dat je in de praktijk alleen veel kleinere condensatoren aantreft. Bijvoorbeeld nF condensatoren, die gelijk zijn aan éénmiljardste van een farad of uF condensatoren die gelijk zijn aan éénmiljoenste farad.

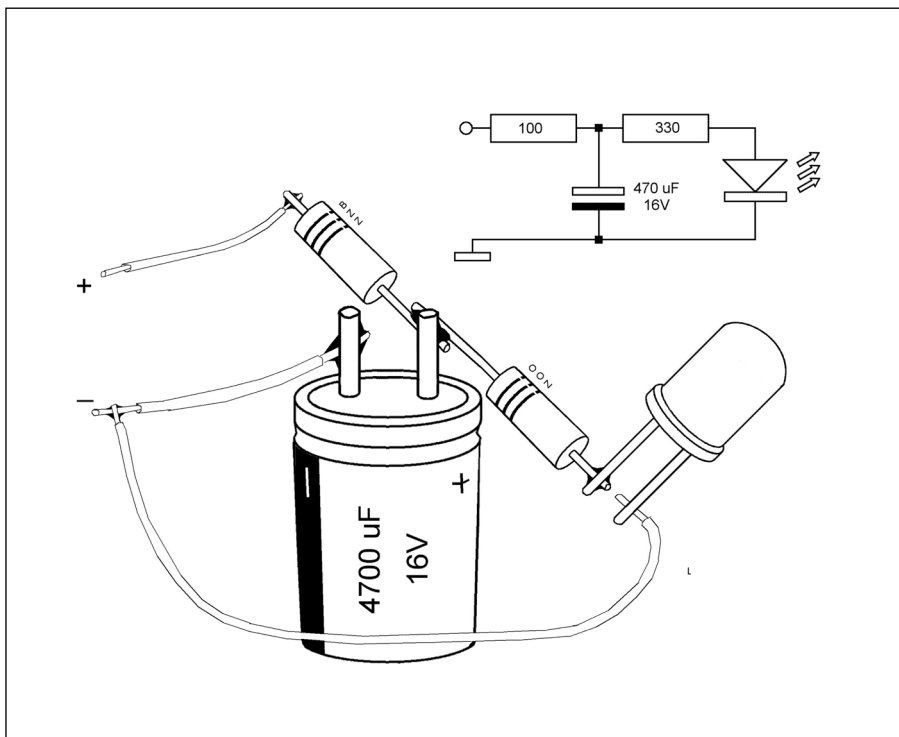
Ook condensatoren worden in bepaalde reeksen geleverd. Bovendien zijn er tal van uitvoeringen die zich onderscheiden in hoge doorslagspanning, lage lekstroom en een aantal andere criteria. In dit boek is het niet belangrijk welk type condensator gebruikt wordt. Het enige onderscheid dat we hier maken is dat tussen “normale” capaciteiten zonder polariteit en elektrolytische capaciteiten mét een polariteit.

De eerste takkenbos

Het vullen van een condensator

Hieronder staat het eerste project om wat ervaring op te doen met de wet van Ohm en de functie van condensatoren. We leren er bovendien nog een kleine formule bij.

Met deze schakeling kunnen we een condensator "vullen" met spanning



We gaan uit van een lege condensator van 4.700 uF (een elco) en de dikke stekker die we als voeding gebruiken. Als we de voeding zomaar met de condensator verbinden, zal er een hoge stroom gaan lopen die de condensator vult. We zouden die stroom eigenlijk niet hoger willen hebben dan de voeding leveren mag.

De stroom begrenzen

De stroom begrenzen we met een weerstand van 100 ohm zoals in het linker deel van het schema is te zien. Stel dat de voeding 9 V is. Heb je een andere waarde, dan vul je die in. Stel we willen de stroom beperken tot 100 mA ofwel 0,1 A, ongeveer de helft van wat de voeding die mag leveren. De weerstandswaarde die nodig is om de stroom tot 0,1 A te begrenzen volgt uit de wet van Ohm:

$$R = V/I = 9/0,1 = 90 \text{ ohm}$$

Uit de weerstandentabel in hoofdstuk 17 zien we dat 100 ohm daar aardig in de buurt ligt.

Hoe lang duurt het opladen?

Enig idee hoelang dat opladen duurt? Ook daar is een handige formule voor. Het aantal seconden dat nodig is voor het laden vinden we door de waarde van de weerstand in ohm te vermenigvuldigen met de waarde van de condensator in farad.

$$t = R \times C$$

We noemen deze tijd ook wel de RC-tijd.

Let wel, deze berekende tijd is een benadering, in dit geval $100 \times 0,0047 = 0,47$ seconde. Als je de weerstandswaarden uitdrukt in kohm (duizend ohm) en de capaciteit in uF (miljoenste farad) dan komen er milliseconden (duizendste seconden) uit de vergelijking.

De condensator is vol

We hebben nu een volledig opgeladen condensator. Een soort volle batterij dus. Als we nu naar het rechter deel van de schakeling kijken, dan zien we een lichtgevende diode met een voorschakelweerstand van 330 ohm. We worden hier met een nieuw onderdeel geconfronteerd.

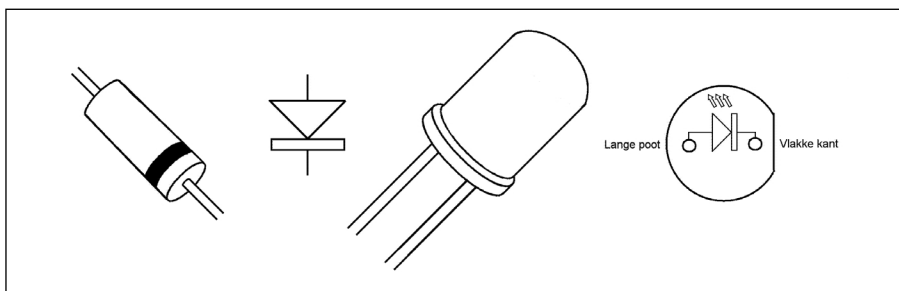
Dioden

Werking van de diode

Het symbool geeft de werking eigenlijk al duidelijk aan. Een diode laat stroom door in één richting. De doorlaatrichting wordt aangegeven door de pijl in het symbool.

In alle takkenbos schakelingen wordt de universele diode 1N4148 toegepast.

Links een gewone diode, rechts een LED met aansluitgegevens en in het midden het symbool van een diode



Een LED is een diode die, als er stroom loopt in de doorlaatrichting, bovendien nog licht uitstraalt. In een doorsnee huishouding vinden we tientallen LED's in radio's, tv's, koffiezetapparaten, scheerapparaten, wasmachines enzovoort. We komen dit onderdeel nog diverse keren tegen in dit boek.

**Altijd
voorschakelweerstand
gebruiken**

Een LED is geen lampje, een LED komt nooit alleen. Er hoort een voorschakelweerstand bij. De LED is maar geschikt voor een bepaalde stroom. Bij overschrijding van die maximaal toegelaten stroom dooft het licht voor altijd. Om de stroom binnen de perken te houden gebruiken we de voorschakelweerstand.

**Voorschakelweerstand
berekenen**

LED's doen hun werk over het algemeen goed bij een stroomsterkte van 30 mA, dat is dus 0,03 A. De voorschakelweerstand rekenen we uit met de wet van Ohm:

$$R = V \times I$$

De waarde van de weerstand wordt in ohm gegeven. De condensator is opgeladen tot 9 V. Bij een voedingsspanning van 9 V en een gewenste stroomsterkte van 0,03 A past dus een weerstand van $9/0,03$ ohm ofwel 300 ohm. Dat is nou jammer. Het getal 300 komt niet voor in de weerstandstabel. Maar 330 ohm komt aardig in de buurt. En voor een LED'je is het bovendien allemaal niet zo kritisch.

**Ontladen van de
condensator**

We pakken de draad van de condensator weer op (niet letterlijk natuurlijk). We verwijderen de voeding van de schakeling zodat de condensator niet meer opgeladen wordt. Tijdens het ontladen van de condensator over de LED met voorschakelweerstand neemt de condensatorspanning af.

We zien dat de LED steeds zwakker gaat branden. Als we de schakeling in zijn geheel in elkaar solderen zoals op de tekening blijkt dat we een perfecte LED-dimmer hebben gebouwd. Als we de spanning erop zetten floept het LED'je aan, halen we spanning eraf, dan dimt de LED langzaam.

Nog eens de RC-tijden

Nog even een kleine oefening met RC-tijden. De LED dimt over een periode $t = R \times C$. In dit geval is R gelijk aan 330 ohm.

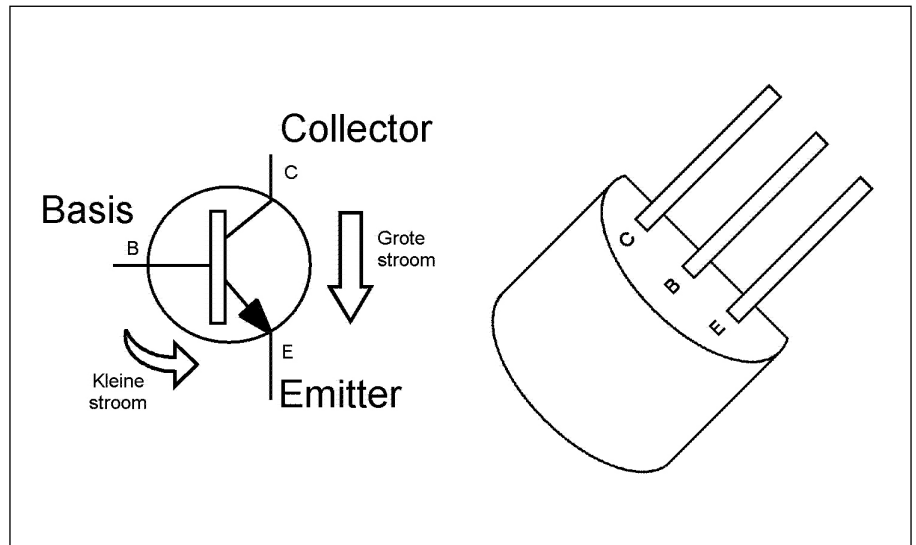
$$t = 330 \times 0,0047 = 1,5 \text{ seconde}$$

Transistoren

Kleine driepoten

Transistoren zijn driepoters met als koosnaam “torretje”. Ze worden ook wel aangeduid als “actieve” component. In tegenstelling tot een weerstand (die altijd dezelfde waarde heeft) kan een transistor stroom doorlaten of juist tegenhouden, afhankelijk van een stroomstroompje. Hoe dat precies werkt zien we als we daadwerkelijk schakelingen gaan bouwen.

Links het symbool van een transistor en rechts de praktische uitvoering van zo'n onderdeel



De drie pootjes van een transistor hebben een naam meegekregen: emitter, basis, collector.

PNP en NPN

Als het pijltje van de emitter naar buiten wijst spreken we van een NPN-transistor. Wijst de pijl naar de basis, dan is het een PNP-transistor. Het enige wat we nu van transistoren moeten weten is dat we de pootjes beter niet kunnen omwisselen. In de meeste gevallen heeft dat het voortijdig overlijden van de tor tot gevolg.

Is dat alles?

Voor het moment wel. Natuurlijk zijn er nog honderden (zij het niet duizenden) andere onderdelen. Zo vinden we samengestelde schakelingen gecombineerd in IC's (geïntegreerde circuits). Er zijn invoercomponenten zoals drukschakelaars, lichtgevoelige weerstanden en microfoons. Er zijn ook typische uitvoercomponenten zoals lichtgevende dioden, luidsprekers en buzzers.

In dit boek zullen we nog verschillende interessante componenten tegenkomen. Die bespreken we dan ter plaatse.

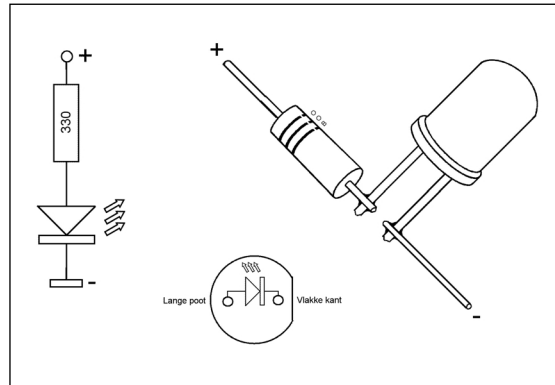
3 De eerste eenvoudige schakelingen

De eerste takkenbos, een knipperlicht

Een LED en een weerstand

Een LED'je en een weerstand vormen de ingrediënten voor deze takkenbos. LED staat voor "Light Emitting Diode". Zoals besproken, een diode die licht uitstraalt.

Een LED en een weerstand zijn de onderdelen voor dit eerste eenvoudige experiment



We gaan bij eventuele berekeningen uit van de bekende stekervoeding van 9 volt. Aan de hand van de wet van Ohm kun je zelf uitrekenen wat je bij een andere spanning moet doen. Gewoon invullen in de formule en de juiste weerstand rolt eruit. Als je durft kun je ook met de weerstandswaarde experimenteren. Dat is vooral interessant als je de voorgeschreven stroomsterkte voor de toegepaste LED ook echt wil benutten.

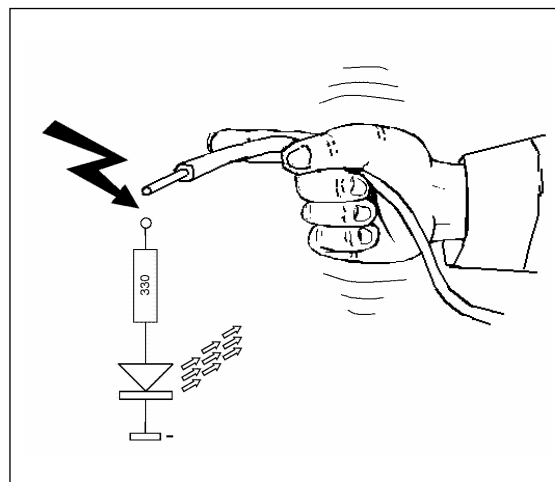
Polariteit bepalen

Ben je er al achter welke de plusdraad van de dikke stekker is? Gewoon even uitproberen met bovenstaande schakeling. Als het LED'je brandt, hangt de plusdraad aan de weerstand. Natuurlijk moet de LED dan wel goed aangesloten zijn. Het vlakke kantje is de min. Die is, als het LED'je brandt, verbonden met de min draad van de voeding.

Met de hand knippen

In de titel van dit hoofdstuk staat knipperlicht. Er knippert helemaal niets! Jawel hoor, maak afwisselend contact door de plusdraad van de voeding tegen de weerstand te houden en hem weer los te nemen.

Een beetje kinderachtig, misschien, maar dit is wél de essentie van de elektronische schakeling die 'knipperlicht' heet



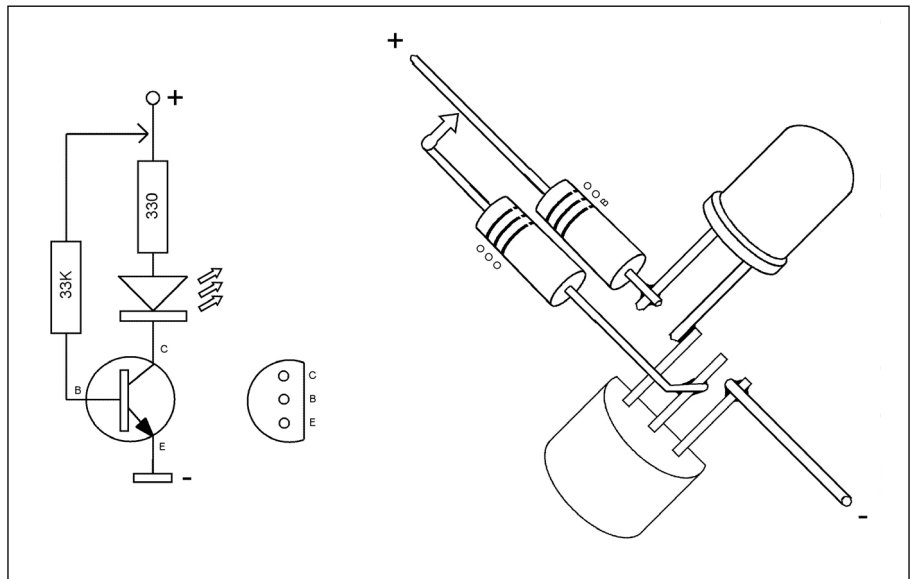
Kinderachtig? O.K. dan maken we een volgende stap als voorbereiding op een zelfstandige knipperschakeling.

De transistor als schakelement

Van kleine naar grote stroom

Nu gaan we als eerste stap naar een écht knipperlicht een transistor als schakelaar inzetten

Het schema laat zien dat we een transistor opgenomen hebben als schakelaar.



Door een klein stroompje van de basis B naar de emitter E te laten lopen, laat de transistor een veel grotere stroom tussen de collector C en de emitter E lopen. Die twee stromen hebben een verhouding die afhangt van de versterkingsfactor van de tor.

Versterkingsfactor

Een versterkingsfactor tussen de basisstroom en de collectorstroom van honderd is niets bijzonders. De meest eenvoudige transistoren halen zo'n versterking. Als we nu willen dat de stroom door de basis een honderdste bedraagt van de collectorstroom, dan wordt het sommetje eenvoudig. De weerstand in de collectorleiding is 330 ohm. Hier loopt een stroom van 0,03 Ampère.

Als we door de basis een stroom willen laten lopen die hier een honderdste van is, dan moeten we de weerstand honderd maal zo hoog maken als de collectorweerstand. 33.000 ohm ofwel 33 kilo ohm. We korten dit af tot 33K. Toevallig is dit een standaard waarde.

Nog steeds met de hand

Sorry hoor, maar het knippen moet nog steeds met de hand door de basisweerstand aan de plus van de voeding te leggen. In het volgende hoofdstuk zullen we dit schakelingetje uitbreiden tot een knipperlicht dat zelf z'n zaakjes oplost.

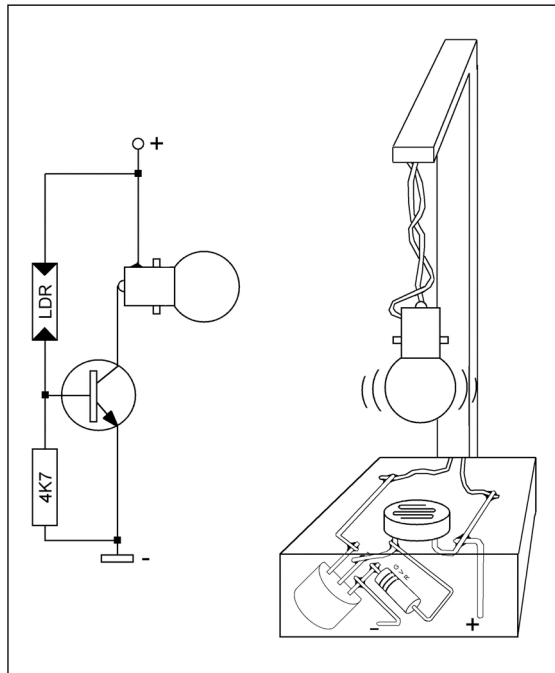
Galgje

Een klassieker

Eerst passen we het beginsel van de schakelende transistor toe met een aansprekend voorbeeld. Galgje is een klassieker die in geen enkel beginners boek mag ontbreken. In de transistor-LED schakeling hierboven vervangen we de basisweerstand door een lichtgevoelige weerstand, ook wel LDR (Light Dependant Resistor) genoemd. We vervangen de collectorweerstand door een fietslampje en laten de LED weg.

De takkenbos krijgt echter een speciale vorm. Het lampje dient aan een flexibel draadje boven de LDR te bungelen. De LDR is van het omgevingslicht afgeschermd. Tussen de LDR en het lampje hebben we een gaatje in het doosje gemaakt. Bovendien wordt een en ander opgesteld op een relatief donkere plaats. Licht van het lampje schijnt dus door het gaatje op de LDR.

Het schema en de opstelling van ons galgje



Bij het aansluiten van de spanning zal er weinig gebeuren. Neem nu een aansteker en houd de vlam zo dicht mogelijk bij de LDR. De LDR ziet het licht van de vlam en hierdoor neemt de weerstand af.

De magie van de elektronica

Er gaat een stroom door de basis lopen, groot genoeg om een collectorstroom op te wekken waardoor het lampje gaat branden. Neem de vlam weg. Het licht van het lampje schijnt nu op de LDR waardoor de weerstand laag blijft. Blaas nu tegen het lampje, waardoor dit gaat schommelen, en het zal uitgaan. Immers, de LDR ziet minder licht, de weerstand gaat omhoog, er loopt daardoor een kleinere basisstroom waardoor de collectorstroom ook sterk terugloopt: het lampje gaat uit.

Maak er wat van!

Als je een handige knutselaar bent, kun je er een realistische show van maken. Een elektrisch lampje dat je aansteekt met een vlammetje en vervolgens laat doven door het uit te blazen ziet niet iedereen elke dag. De weerstandswaarde van verkrijgbare lichtgevoelige weerstanden kan behoorlijk wisselen. Het kan nodig zijn de weerstand aan te passen. Als het lampje niet aan wil (wel even proberen of het rechtstreeks op de voeding wel brandt), kun je de weerstand hoger maken, bijvoorbeeld 10K of 100K. Dat is het gemak van een takkenbos-schakeling, een weerstandje wisselen is zo gebeurd.

De transistor als regelaar

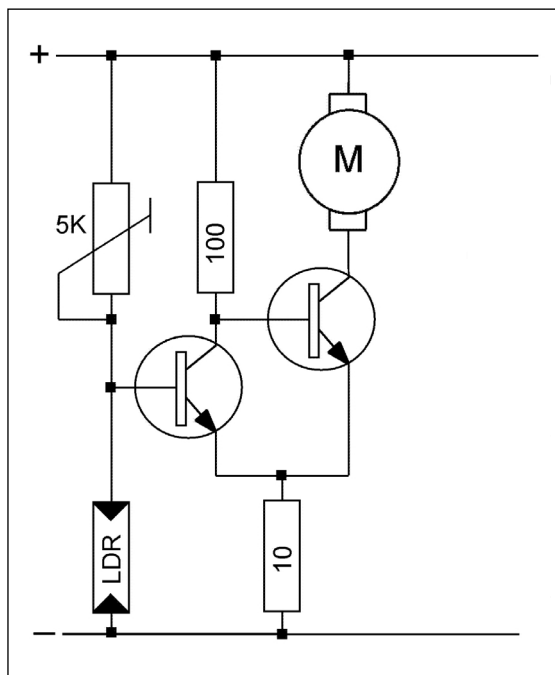
Meer dan aan of uit

Voor we verder gaan met wat meer gecompliceerde schakelingen breiden we onze kennis van transistoren nog iets uit. De transistor in galgje functioneerde als schakelaar. Aan of uit. Met transistoren kun je echter ook uitstekend regelen. Onderstaande schakeling laat een speelgoed-motortje (of het motortje uit een oude cassette-recorder) lopen met een toerental dat afhankelijk is van de hoeveelheid licht. Vraag niet waar dat goed voor is. Dat zou ik ook niet weten.

Instelpotentiometer

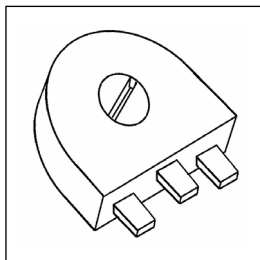
In dit schema zien we een nieuw onderdeel: een weerstand met een schuin streepje er door. Dat is een potentiometer of instelpotentiometer, al naar gelang van de uitvoering. Je raadt het al, een potentiometer is een instelbare weerstand. Bekend van je versterker voor het regelen van het volume en de toonregeling.

Met deze schakeling kan je de snelheid van een motor afhankelijk maken van het omgevingslicht



In dit voorbeeld gebruiken we géén echte potentiometer, maar een instelpotentiometer. Dat is een goedkope uitvoering van een echte potentiometer en deze heeft geen knop en asje.

Wij stellen met gepaste trots een nieuw onderdeel voor, de instelpotentiometer

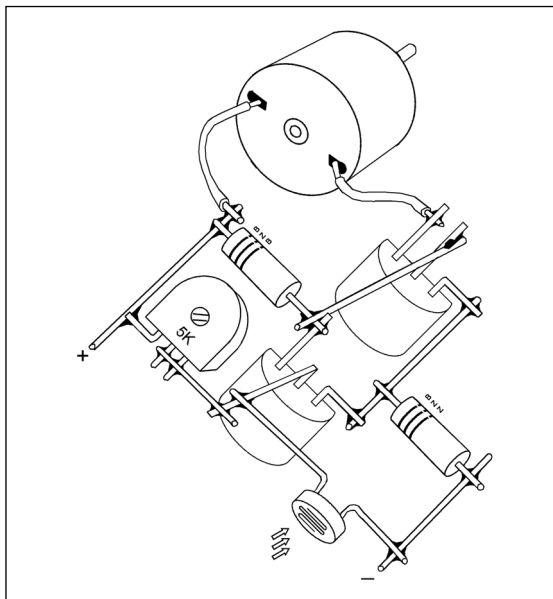


Het instellen gebeurt met een schroevendraaiertje die past in een klein gleufje in het onderdeel.

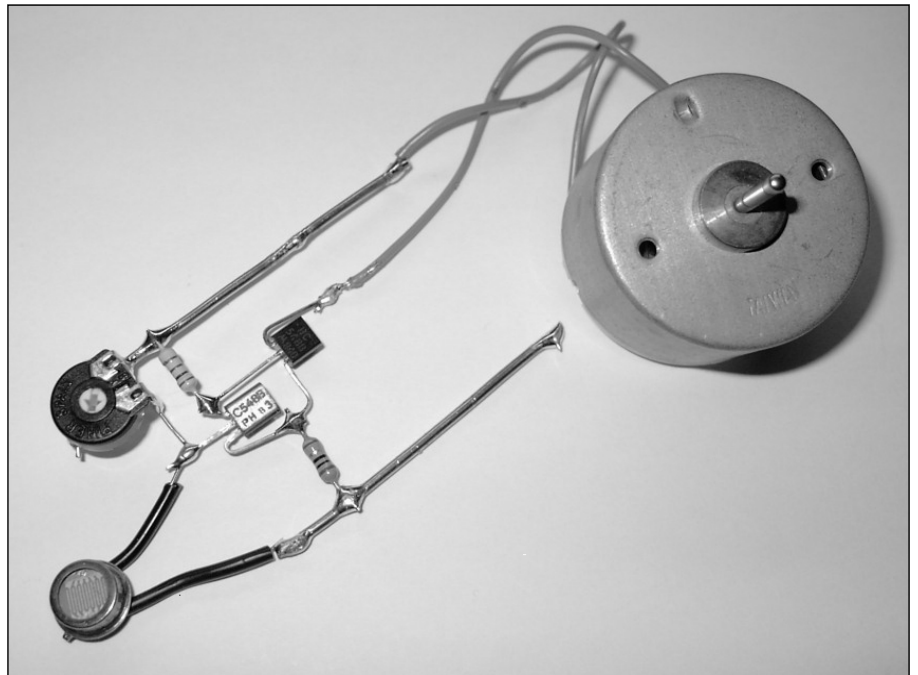
Al iets ingewikkelder in elkaar te solderen

Deze takkenbos is al iets ingewikkelder dan de vorige. Maar, aan de hand van onderstaande figuur moet het wél lukken om de schakeling aan de praat te krijgen.

De takkenbos vertaling van het schema



***En zo kan deze
takkenbos er in het écht
uitzien***

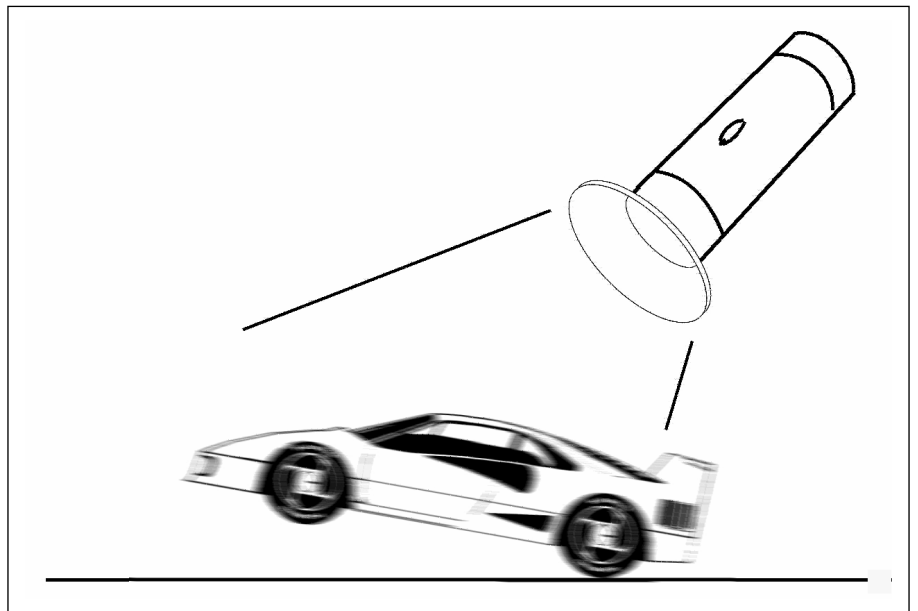


Als je soldeerwerk klaar is moet er iets op de hobbytafel liggen dat vergelijkbaar is met bovenstaande foto.

**Tóch een praktische
toepassing**

Misschien leuk voor een racewedstrijd met elektrische autootjes. De LDR op het dak en snelheid maken door er met een zaklamp op te schijnen. Of de modeltrein op afstand met licht bedienen.

***Met het principe van
deze takkenbos kunnen
we een elektrisch
autootje "op afstand"
besturen***



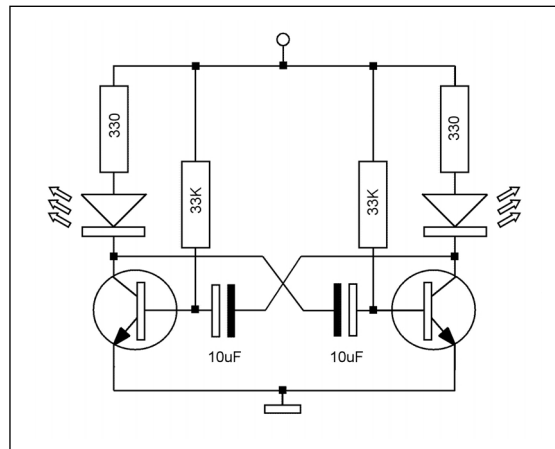
4 Wij gaan multivibreren!

Het échte knipperlicht

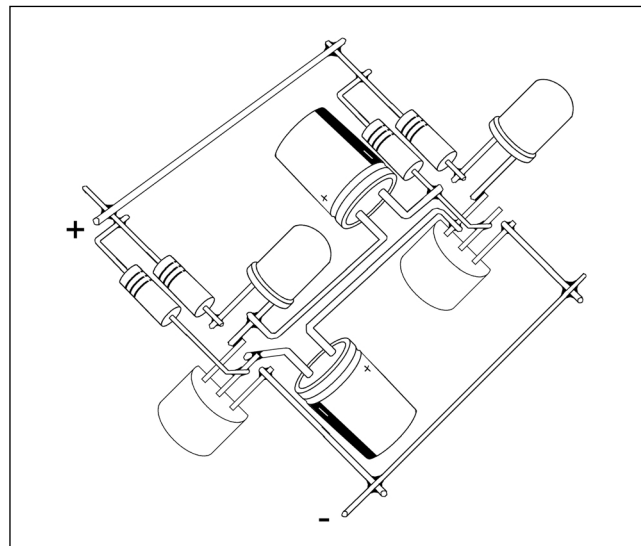
Twee elco's maken het verschil

Om te beginnen bouwen we het LED takkenbosje uit hoofdstuk 3 twee maal op, waarbij we de basisweerstand vast met de plus verbinden. Bovendien worden twee elco's van 10 uF toegevoegd, waarmee we de twee schakelingen gaan doorverbinden. Elco is het koosnaampje van een elektrolytische condensator, een condensator met een zeer hoge capaciteit. Net als bij een accu bevindt zich een geleidende vloeistof tussen de twee polen. LET OP! Net als batterijen hebben elco's een plus en een min. De twee condensatoren worden ingesoldeerd zoals het schema aangeeft.

Door de onderlinge verbinding tussen de twee LED takkenbossen met de elco's ontstaat het elektronisch knipperlicht



De bedrading van dit takkenbos



Na het inschakelen van de voedingsspanning stellen wij vast dat de twee LED's afwisselend knipperen zoals de lichten bij een spoorwegovergang.

Astabiele multivibrator

Een schakeling als deze heet in vaktermen een astabiele multivibrator. Astabiël betekent dat hij nooit in rust is. Als er spanning op staat, worden de elco's afwisselend opgeladen en ontladen. Dit op- en ontladen stuurt de twee transistoren afwisselend in sper en geleiding, waardoor de LED's gaan knipperen. Dit herhaalt zich tot de spanning van de schakeling gehaald wordt.

De eerste échte takkenbos

Werkt de schakeling? Proficiat: Dat was dan de eerste werkende takkenbos van enige omvang. Als je dit bereikt hebt, heeft de elektronica amper nog geheimen. Als je de schakeling als decoratie wilt gebruiken, is het zaak een en ander zo compact mogelijk op te bouwen. Met twee-componentenlijm kan de schakeling mechanisch op een stukje isolerend materiaal (karton, plastic) gestabiliseerd worden zodat hij niet verbuigt waardoor sluitingen kunnen ontstaan. Zo ontstaat een prachtig miniatuur "party light" voor het volgende disco-bezoek. Een paar honderd meter snoer tussen de schakeling en de dikke stekker zorgen voor voldoende bewegingsvrijheid. Als je dat wat lastig vindt kun je er natuurlijk ook een 9 volt batterij blokje aanhangen. LED's zijn overigens in meerdere kleuren te koop. Zelfs in blauw en in verschillende afmetingen. De knipperfrequentie kun je instellen door met de waarde van de elco's te experimenteren. Hoe kleiner de condensatoren, hoe sneller de LED's knipperen. Er is geen enkele reden om niet enige asymmetrie in te bouwen. Een grotere en een kleinere elco veroorzaken een asymmetrisch knipperpatroon.

Een fysisch experiment

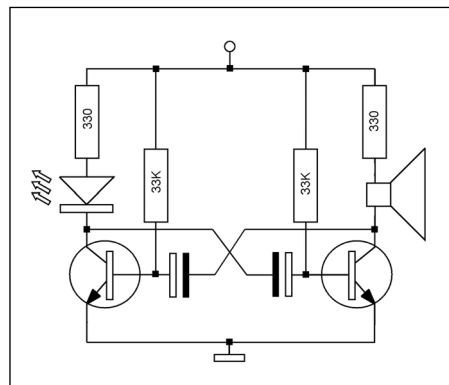
Met een waarde van 10 microfarad (μF) voor beide elco's ontstaat een knipperfrequentie waarmee we een natuurkunde experimentje kunnen doen. Neem een rode en een groene LED in de schakeling op. Maak een kleine tekening met rood kleurpotlood en dezelfde tekening iets veranderd met groen. Gebruik lichte kleuren. Arceerstiften roze en groen zijn ook prima. Richt de LED's (in het donker) op de tekening. Doordat als de rode LED brandt alleen de groene tekening zichtbaar is en omgekeerd zien we beide tekeningen afwisselend en lijkt het alsof de tekening beweegt.

TikkeTakke(bos)

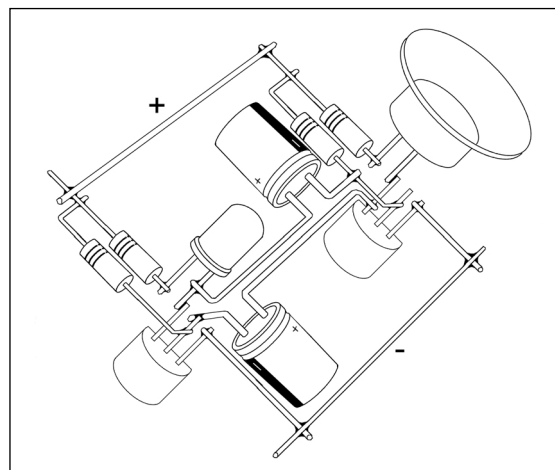
De schakeling maakt geluid

Wat gebeurt er als we één van de LED's uit de knipperende takkenbos uit de vorige schakeling vervangen door een klein luidsprekertje?

We vervangen een van de LED's door een miniatuur luidsprekertje



En zo ziet dit schema er uit als takkenbos

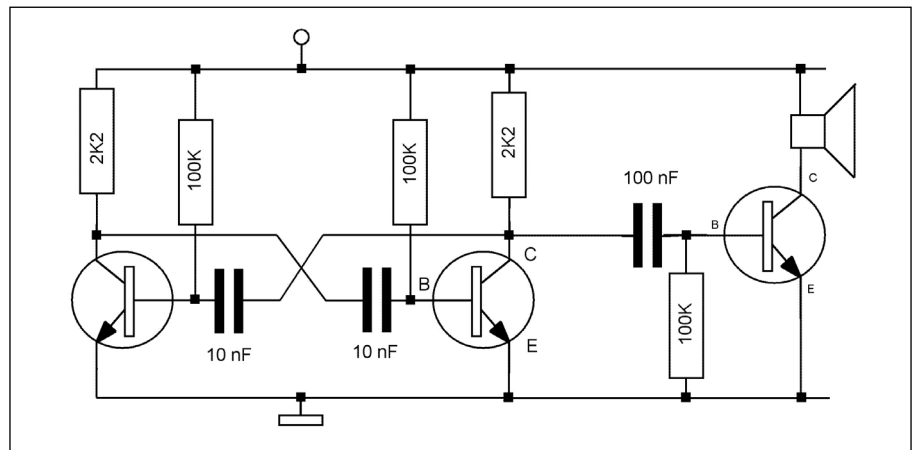


De pulserende stroom geeft de kartonnen conus van de luidspreker een optater. Het resultaat is een tikkend geluid. Zo bouw je een metronoom. Om het ritme in te kunnen stellen kun je een van de 33K weerstanden vervangen door een weerstand met een andere waarde. Hoe hoger de weerstand, hoe langzamer het ritme. Door de condensatoren sterk te verkleinen volgen de tikken elkaar zeer snel op waardoor een toon ontstaat.

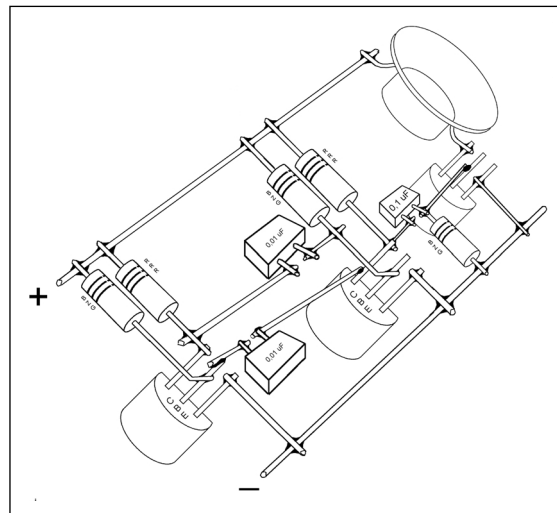
Een extra transistor

In de metronoom is de luidspreker een onderdeel van de astabiele multivibrator. Het is beter de luidspreker aan te sturen via een klein versterkertje dat uit slechts één transistor bestaat.

De astabiele multivibrator wordt via een extra versterkertje met de luidspreker verbonden



De takkenbossen worden steeds ingewikkelder



De frequentie kan ongeveer berekend worden met de formule $1/(RC)$. Hierbij is R de weerstandswaarde in ohm en C de capaciteit in farad. Met de gekozen waarden $R = 100.000 \text{ ohm}$ en $C = 10 \text{ nF} = 0,01 \text{ uF} = 0,00000001 \text{ F}$ is de frequentie ongeveer 100 Hz. Condensatoren met kleinere capaciteit hebben géén polariteit. Het geeft niet hoe je ze aansluit.

Voedings- en massarail

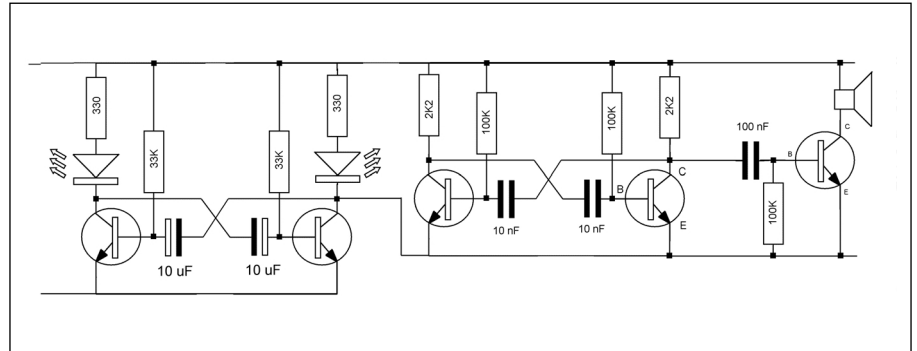
Als je goed naar de getekende takkenbos kijkt valt je ongetwijfeld iets op. We maken gebruik van een voedingsrail. Dat idee is al zichtbaar in de elektronische schema's. Vóór we de schakeling opbouwen leggen we twee stukjes koperdraad op een ondergrond. Eén voor de plusleiding van de voeding en één voor de massaleiding. Alle onderdelen vinden een plaatsje tussen de rails. Deze bouwwijze maakt de schakelingen minder rommelig, mechanisch stabiel en maakt het uitwisselen van onderdelen eenvoudiger. Bovendien lijken ze dan precies op de afbeelding in het schema.

Variaties op een thema

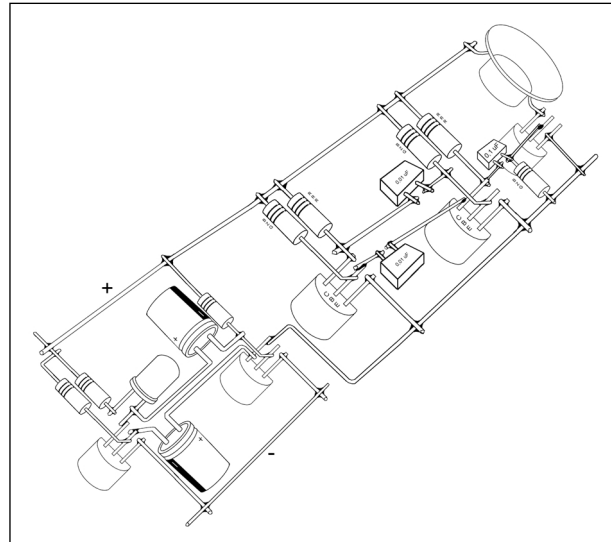
Geluid aan en uit

De constante alarmtoon kan een stuk interessanter gemaakt worden met een tweede multivibrator die de zoemer ritmisch aan en uitschakelt. De knipperschakeling kan hiervoor zonder enige wijziging gebruikt worden. De plus rails worden gewoon doorverbonden. De min rail daarentegen wordt met een collector van de knipperschakeling verbonden. Hierdoor krijgt de pieper pulserend voedingsspanning via de transistor die de schakeling pulserend met de echte min verbindt.

Dit is dé basis van de elektronica: op zich eenvoudige basisschakelingen worden met elkaar verbonden



De bedrading van de intermitterende zoemer

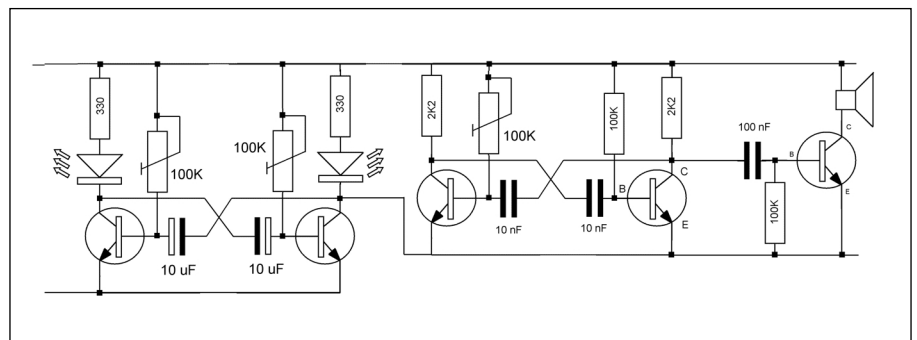


De toonhoogte en de herhalingsfrequentie kun je zelf veranderen door met de laadweerstand en de condensatoren te spelen. Hiervoor verander je steeds één van de onderdelen die aan een basis van een torretje hangen.

Variabele toonhoogte en pulsduur

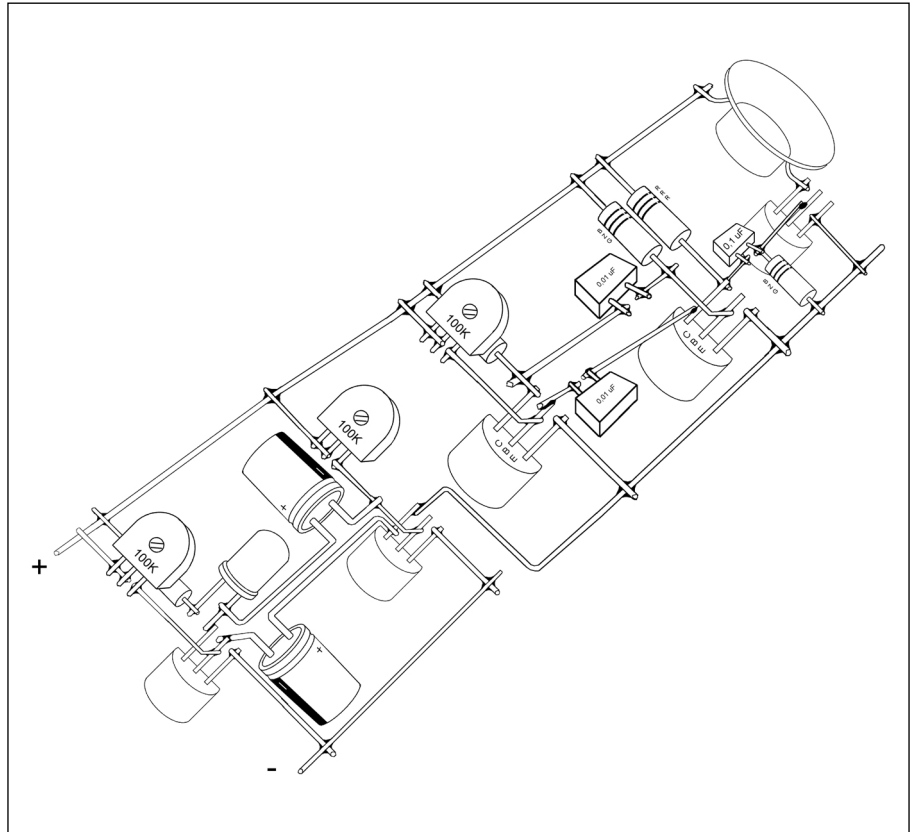
Het is niet erg moeilijk om de toonhoogte en de pulsduur variabel te maken. Hiervoor vervangen we de frequentiebepalende weerstanden door een instelweerstand, ofwel instelpotentiometer. Instelpotmeter in de wandeling.

We breiden de schakeling uit met drie instelpotentiometers



De knipperschakeling heeft twee potmeters, één voor de aan tijd en één voor de uit tijd. Bij de pieper volstaat één trimpotmeter. Eventueel kun de je andere tijdsbepalende weerstand aanpassen.

Het vervangen van de vaste weerstanden door de instelpotentiometers in onze takkenbos is een fluitje van een cent

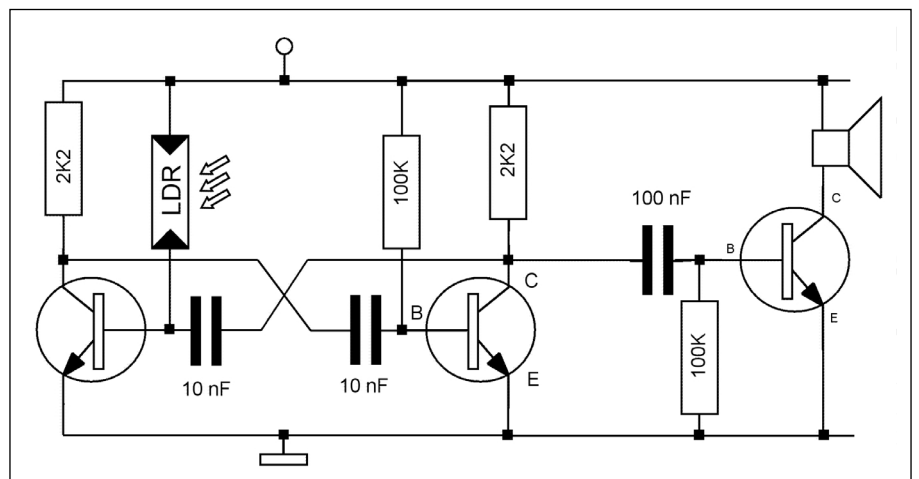


Een theremin

Muziek maken

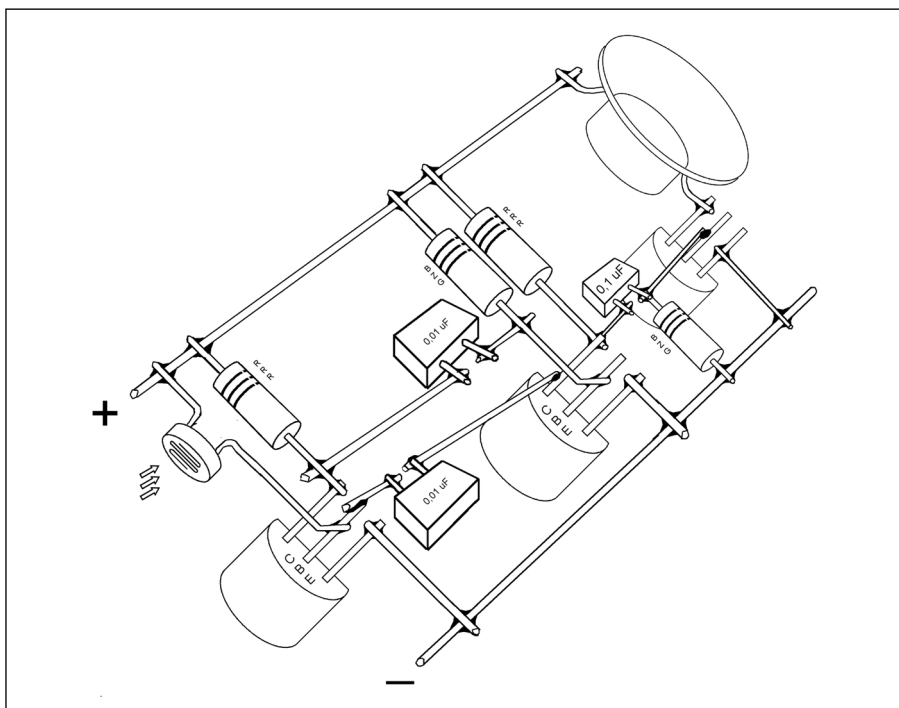
Je kunt nog iets anders doen om de pieper wat levendiger te maken. Als je galgje gebouwd hebt, ben je de gelukkige bezitter van een licht-gevoelige weerstand, een LDR. Die kan nu in de plaats komen van een van de instelpotentiometers in het basisschema.

Een elektronisch orgeltje dat met handbewegingen wordt bespeeld



Door met de hand het licht af te schermen kun je de toonhoogte veranderen. Een melodietje spelen vereist enige vaardigheid, maar na enige oefening moet dat tóch wel lukken. Dergelijke met beweging van de hand bespeelbare elektronische muziekinstrumenten worden “theremins” genoemd.

***De takkenbos van onze
elektronische theremin***



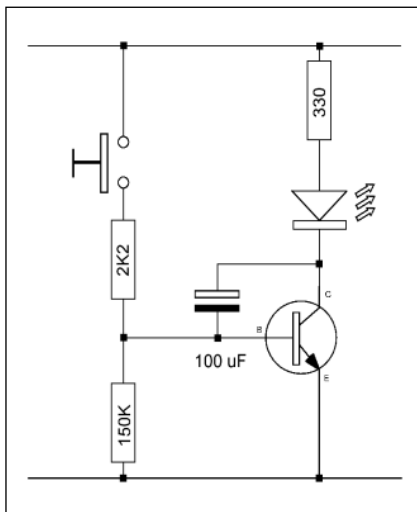
5 Spelen met de tijd

LED's besturen met de tijd

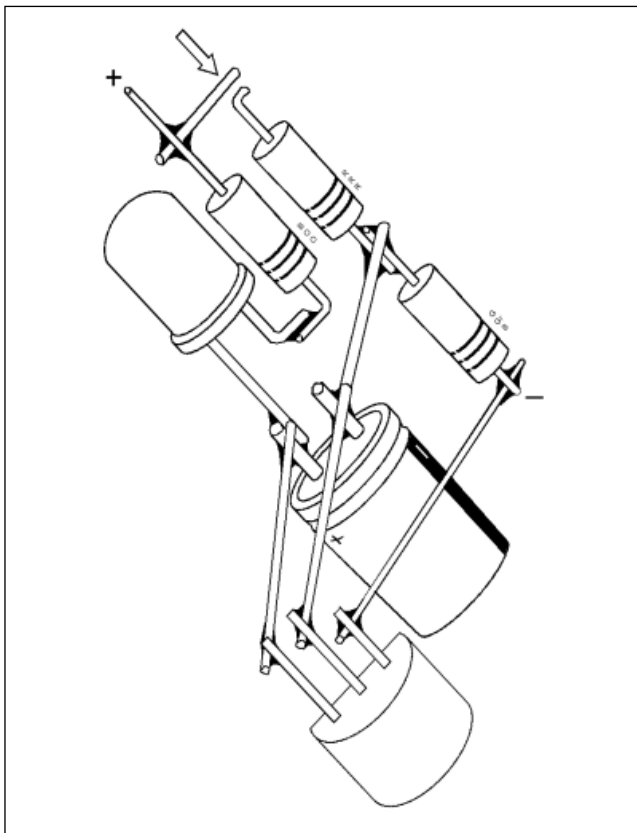
Een LED blijft een bepaalde tijd branden

In de voorafgaande hoofdstukken hebben we gebruik gemaakt van LED's, in combinatie met een voorschakelweerstand. LED's zijn ideale lichtbronnen om allerlei zaken aan te geven. We zullen dat demonstreren met een LED'je in een eenvoudige schakeling die, na het indrukken van een knop een vast ingestelde tijd blijft branden.

Een LED blijft een bepaalde tijd branden nu indrukken van een knop



De takkenbos van deze schakeling, de werking van de drukknop wordt gesimuleerd door de twee draadjes bij de pijl even met elkaar te verbinden



De werking is niet moeilijk te begrijpen. Als de knop ingedrukt is, loopt de condensator leeg over de weerstand van 2K2, de LED en de voorschakelweerstand. Dit duurt even vanwege de RC-tijd.

Een vollopende condensator

Als we de knop loslaten, loopt de condensator langzaam vol met spanning via de weerstand van 150K en de LED met voorschakelweerstand.

Alweer die RC-tijd

De tijd die hiervoor nodig is kunnen we ongeveer uitrekenen. We zijn het al eens eerder tegengekomen bij het uitrekenen van een frequentie in het vorige hoofdstuk.

De tijd $t = RC$ is ons geval $t = 150000 \times 0,0001 = 150$ seconden.

De LED gaat langzaam uit

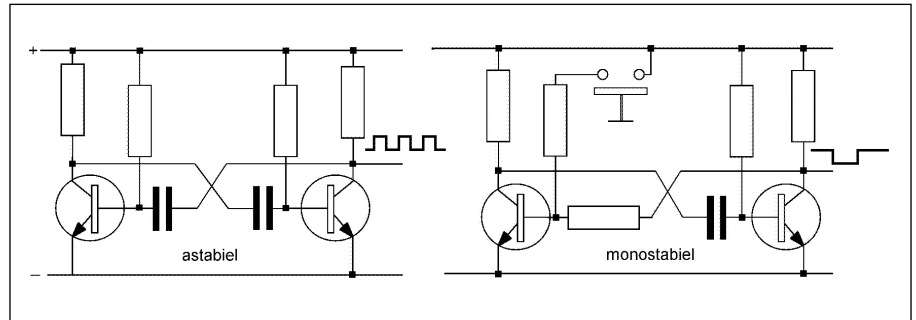
Deze schakeling heeft één nadeel. De LED gaat namelijk langzaam uit. In de volgende paragraaf maken we een betrouwbare schakeling waarmee we de aan-tijd beter kunnen definiëren.

Elektronisch schakelen

Monostabiele multivibrator

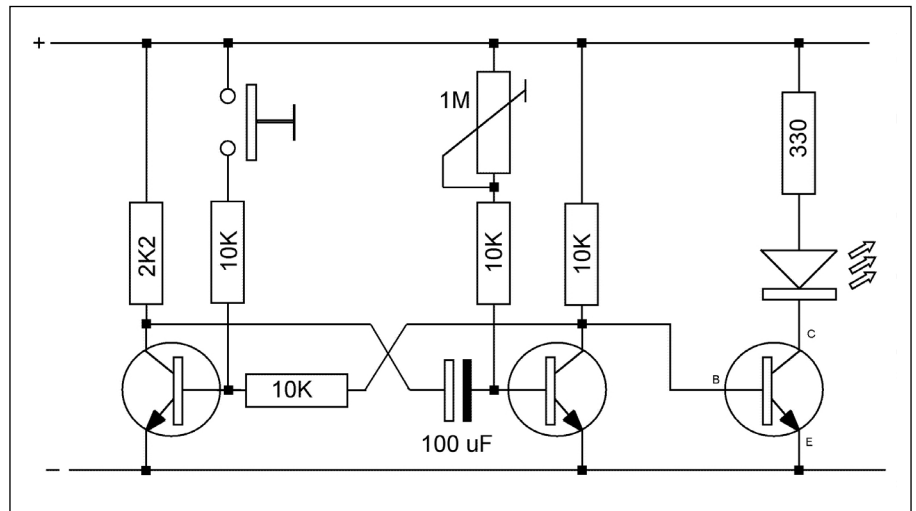
In hoofdstuk 3 hebben we kennis gemaakt met de astabiele multivibrator. Een schakeling die twee toestanden kent die elkaar automatisch opvolgen zodat we knipperlichten en geluidstonen kunnen opwekken. De "multivib" is een échte basisschakeling van de elektronica. Een andere vorm van deze basis schakeling is de monostabiele multivib. Hij kent ook twee toestanden (aan of uit), maar de wisseling wordt maar één keer uitgevoerd. Beide schema's zijn hier naast elkaar afgebeeld.

Vergelijking van de schema's van de astabiele en de monostabiele multivibrator



Links de astabiele, waarbij de componentenopstelling voor de twee transistoren gelijk is. Rechts de monostabiele. Hier valt op dat er maar één tijdsbepalende condensator aanwezig is. Onze eerste praktische mono ziet er als volgt uit.

Het schema van onze eerste praktische monostabiele multivibrator



Door de toepassing van een elco en een instelpot kunnen we lange variabele tijden realiseren. In ons geval (als we de 10K weerstand even verwaarlozen):

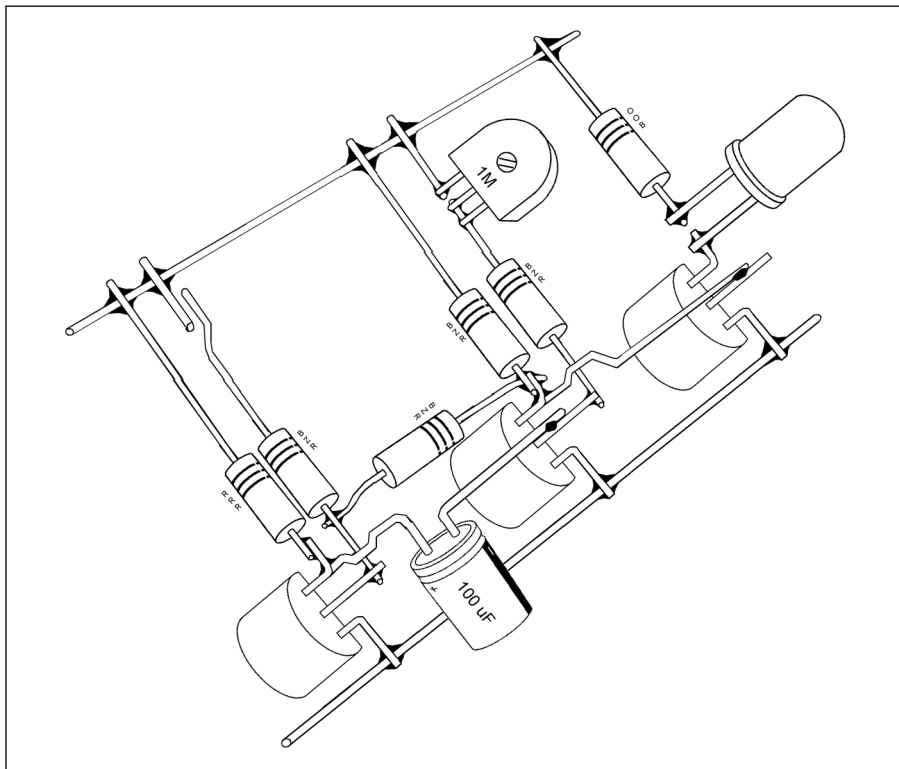
$$t = RC = 1000000 \times 0,0001 = 100 \text{ seconden}$$

We hebben een LED-trapje toegevoegd om de werking van de schakeling te demonstreren.

De mono als takkenbos

De mono is weer eenvoudig op te bouwen als we het reeds bekende railsysteem toepassen.

Onze monostabiele multi uitgevoerd met het railsysteem

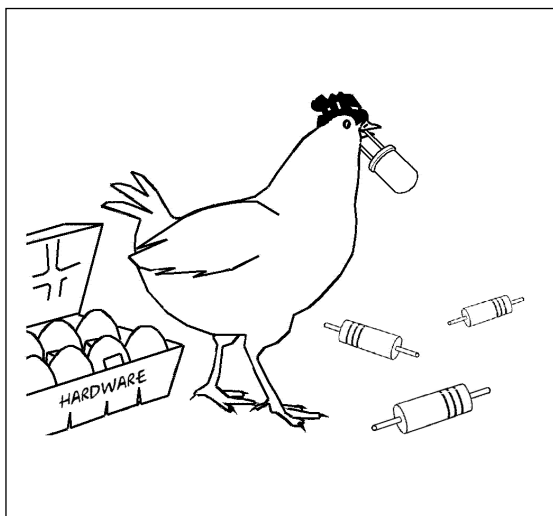


Het drukknopje is ook nu geïmproviseerd door de twee draadjes even met elkaar in contact te brengen.

Universele timer

Deze schakeling is toepasbaar als universele timer en werd vroeger veel in donkere kamers toegepast voor het correct belichten van foto's. Maar ja, foto's maak je tegenwoordig digitaal. Toch kan deze schakeling voor veel taken ingezet worden. Wat dacht je van een eierwekker? Maar dan wel een voor een zacht eitje (100 seconden is ongeveer anderhalve minuut).

Onze schakeling is praktisch bruikbaar als eierwekker



Je kunt natuurlijk de condensator opwaarderen naar 470 uF. Dan kun je eieren ook hard koken.

Andere toepassingen van onze timer

Trappenhuis verlichting

Een spaarschakeling voor het trappenhuis zou ook een goede toepassing zijn, hoewel de lichtopbrengst van een LED'je daarvoor misschien wat aan de magere kant is. Maar ja, het gaat hier om het principe!

Deurbel verlenger

Een deurbel verlenger is ook een aardige. Stel je de verrassing voor van een bezoeker(ster) die nietsvermoedend de vinger van de deurbelknop haalt, maar de bel blijft nog enige seconden doorrinkelen.

Quiz timer

Als quiz timer is hij ook bruikbaar. Als de bedenktijd om is gaat de LED uit.

Telefoon geklets begrenzer

Goedkoop telefoneren? Timer op één minuut en opleggen als het licht uitgaat.

Inslaap schakelaar

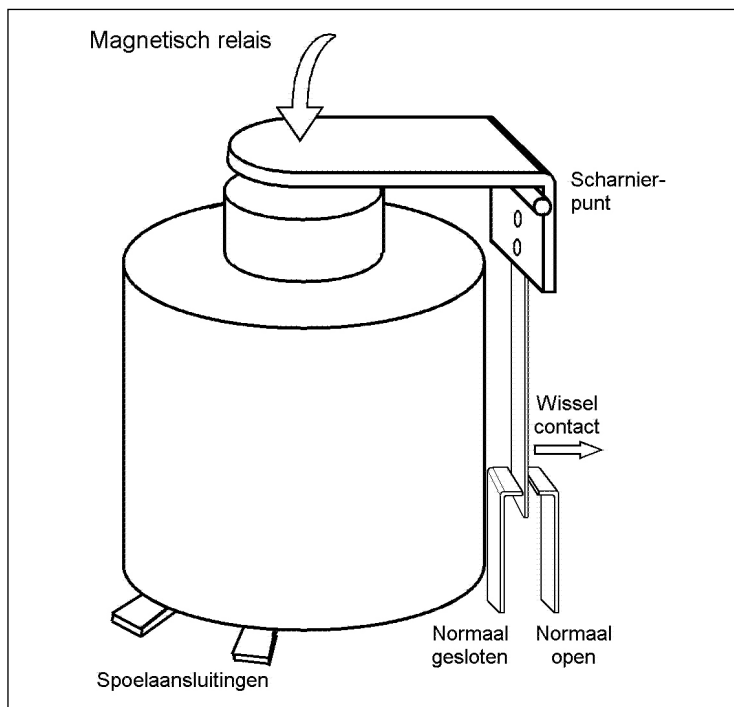
Als inslaap schakelaar gebruikt kunnen we door een druk op de knop de radio nog enkele minuten laten doorspelen.

Het relais: een nieuwe onderdeel

Schakelen in plaats van licht

Voor veel schakelfuncties is een LED niet erg handig of zelfs niet eens bruikbaar. Met een relais kunnen ook externe apparaten aan en uit geschakeld worden. Een relais bestaat uit een spoeltje op een ijzerkern. Een stroom door de spoel maakt het ijzer magnetisch waardoor het een contact aantrekt. Een relais met de juiste aanspreekspanning (9 volt) kan zonder meer in plaats van de LED met voorschakelweerstand opgenomen worden. In de elektronicahandel zijn relais te koop rond de twee Euro. Een relais heeft meestal minimaal één wisselcontact.

Zo ziet de eenvoudigste uitvoering van een relais er uit

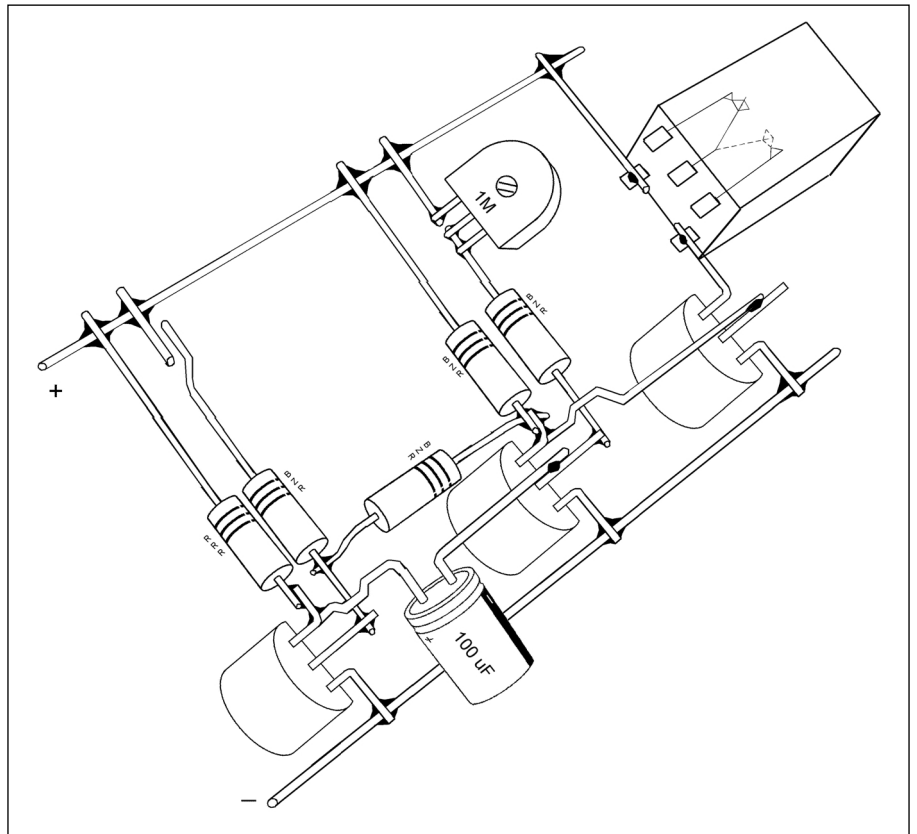


Een relais heeft dus altijd minstens vijf aansluitingen. Tussen de twee aansluitingen van de spoel staat een weerstand van een paar honderd ohm. Dat is gemakkelijk op te meten met de universeelmeter.

Relais in de takkenbos

In de takkenbos is het relais eenvoudig in te passen.

***En zo bouwen we het
relais in onze
takkenbos in***



De toevoeging van een relais opent een wereld van mogelijkheden. We kunnen hogere spanningen en grotere stromen schakelen.

Attentie Speel echter niet met de netspanning en 230 Volt apparaten! Daarvoor kun je beter eerst een installateurdiploma halen.

6 Gevoelige schakelingen

De Schmitttrigger

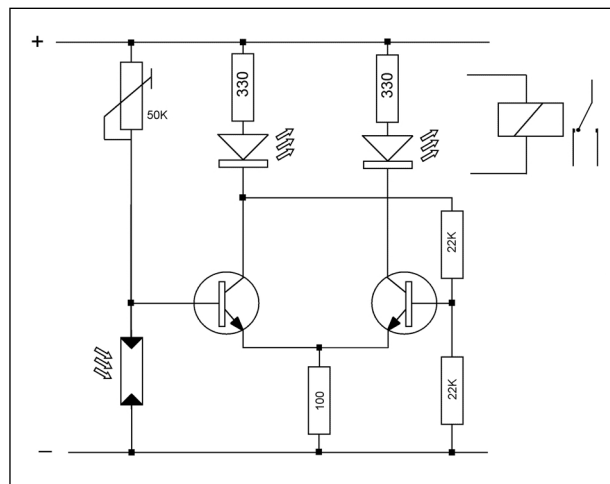
Schakelfuncties uitvoeren

De Schmitttrigger (de derde t hoort er echt in!) is een schakeling waarvan de uitgang omkapt bij een bepaald ingangsniveau. Als in de ingangsschakeling een sensor is opgenomen kunnen we allerlei schakelfuncties automatisch laten uitvoeren. Legio sensoren zijn beschikbaar voor licht, geluid, temperatuur en vele andere fysische verschijnselen.

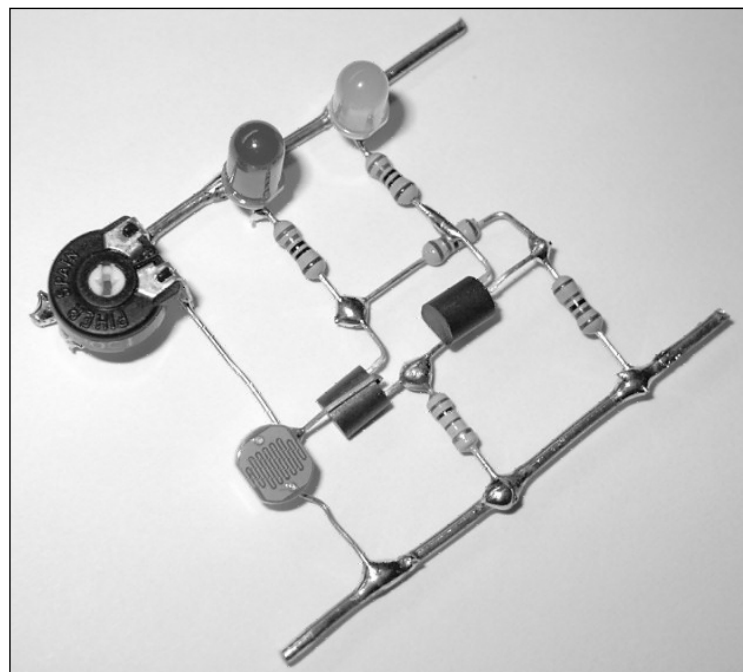
Schemerschakelaar

Als eerste voorbeeld behandelen wij een schemerschakelaar. Ook hier weer twee transistoren. Aan de linkerkant zien we een LDR en een instelpot. Twee LED's zorgen ervoor dat we altijd weten in welke toestand de schakeling zich bevindt.

Het basisschema van een Schmitttrigger



De Schmitttrigger onder de vorm van een takkenbos



Als het donker is brandt de linker LED. Vanaf een bepaalde lichtsterkte gaat de linker LED uit en licht de rechter LED op. Het lichtniveau waarbij dit gebeurt kunnen we instellen met de instelpot.

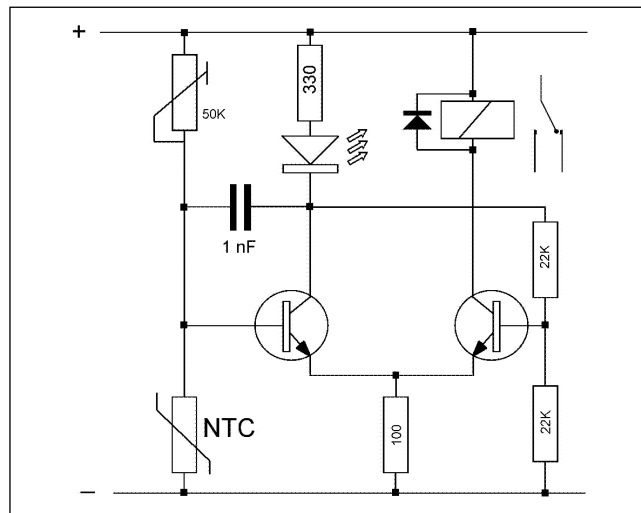
Relais toepassen

Als we de rechter LED met voorschakelweerstand vervangen door een relais, kan de schakeling ingezet worden voor het schakelen van hogere spanningen en stromen.

Overige toepassingen**Thermostaat**

Als we in bovenstaande schakeling de LDR vervangen door een NTC weerstand, verandert de schakeling in een temperatuur indicator. De weerstandswaarde van een NTC (negatieve temperatuur coëfficiënt) wordt lager bij toenemende temperatuur. Boven een bepaalde temperatuur, die we kunnen instellen met de potmeter, trekt het relais aan.

Als we de LDR vervangen door een NTC kunnen we met de Schmitttrigger relais temperatuursafhankelijk inschakelen



De LED lijkt overbodig, maar is toch handig omdat we er direct aan kunnen zien in welke toestand de schakeling zich bevindt. Dat is aan een relais meestal niet te zien.

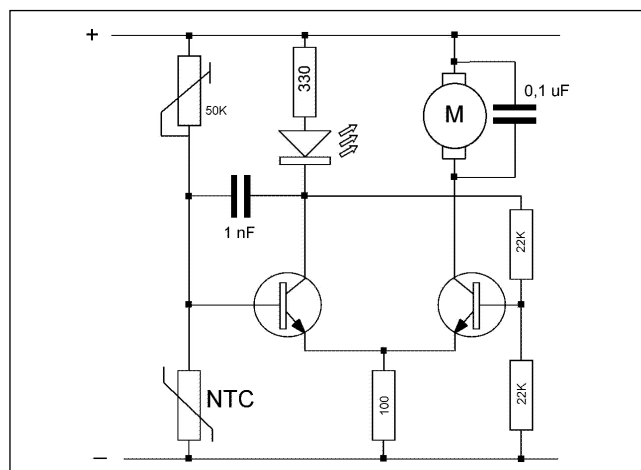
Ontstoring

Om te voorkomen dat het relais op de overgangstemperatuur gaat klapperen, ontstoren we de schakeling met de condensator van 1 nF. Bovendien worden storingen, die door de spoel van het relais opgewekt worden bij het in- en uitschakelen, kortgesloten door de diode over het relais. Ook als deze diode in schakelingen niet getekend is, is het verstandig hem toch aan te brengen.

Motor besturen

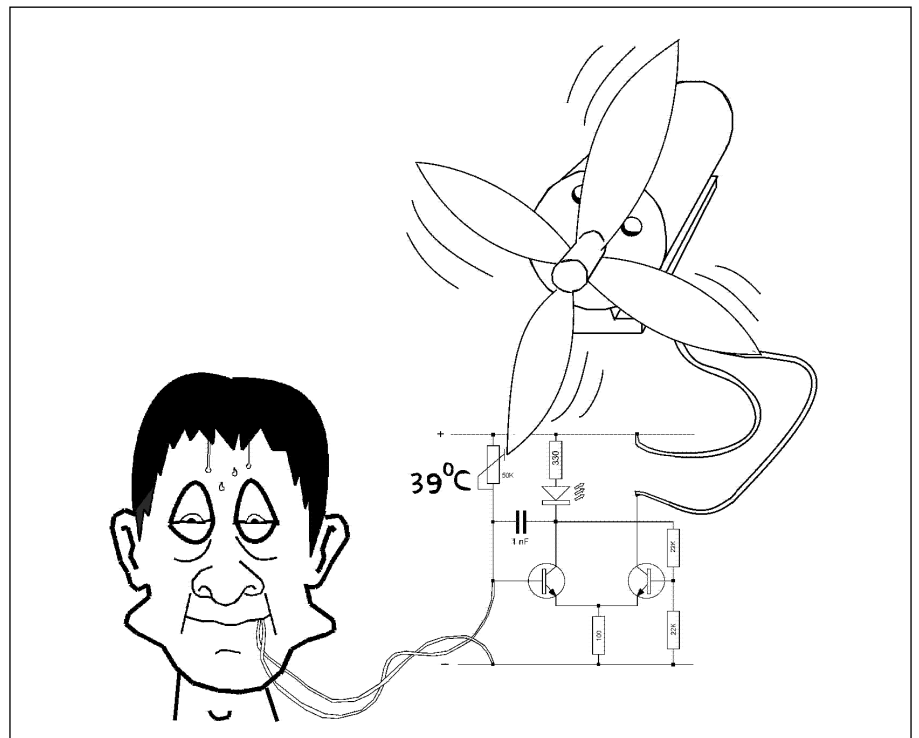
Kleine elektromotoren liggen tegenwoordig in veel varianten in de winkel. Veel dump motortjes uit cassetterecorders (een volslagen achterhaald medium sinds MP3 en consorten) zijn voor een habbekrats te koop. Zo'n motortje kan straffeloos in de trigger schakeling gehangen worden.

Als we het relais vervangen door een motortje kunnen we een automatisch werkende ventilator maken



Zo ontstaat een automatische koeling voor bijvoorbeeld een PC. Het condensatortje onderdrukt ook nu eventuele stoorpulsen.

***Met onze ventilator
kunnen we natuurlijk
nog méér koelen dan
oververhitte PC's***



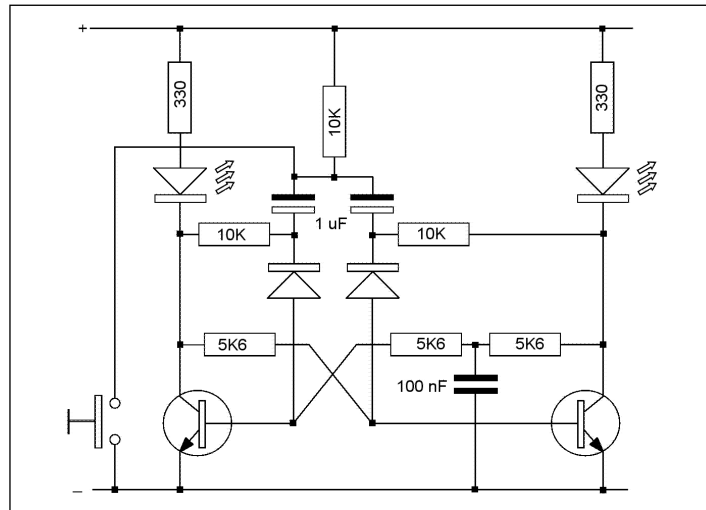
7 De flip-flop, de bistabiele multivib

De derde en laatste multivibrator

Flip-flop

Er bestaat nog een twee-torren schakeling met een heel specifieke functie: de flip-flop. We hebben al kennis gemaakt met een astabiele en een monostabiele multivib. De flip-flop is een bistabiele multivib. Hij kent twee stabiele toestanden die door een druk op de knop gewisseld kunnen worden.

Het schema van de derde en laatste multivibrator, de flip-flop

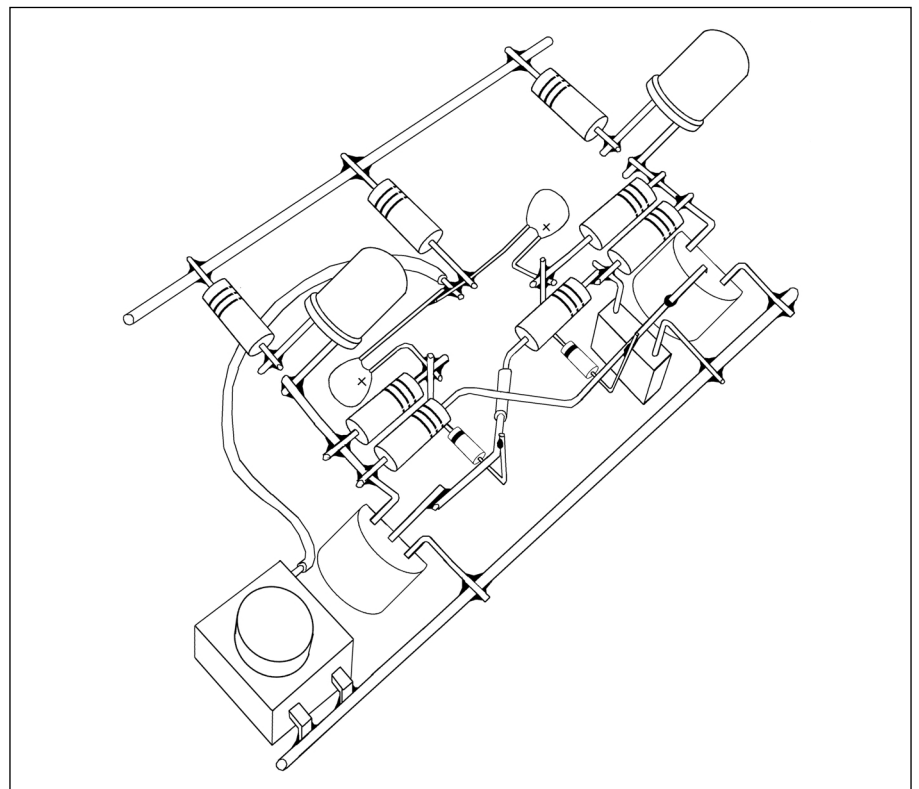


Het condensatortje van 100 nF zorgt ervoor dat bij het aanbrengen van de voedingsspanning de rechter transistor gaat geleiden.

De flip-flop als takkenbos

Een flip-flop is wat ingewikkelder in elkaar te zetten omdat er meerdere kruisingen inzitten die gemakkelijk sluiting kunnen veroorzaken.

Let er bij het solderen van deze takkenbos op dat de kruisingen géén kortsluitingen veroorzaken

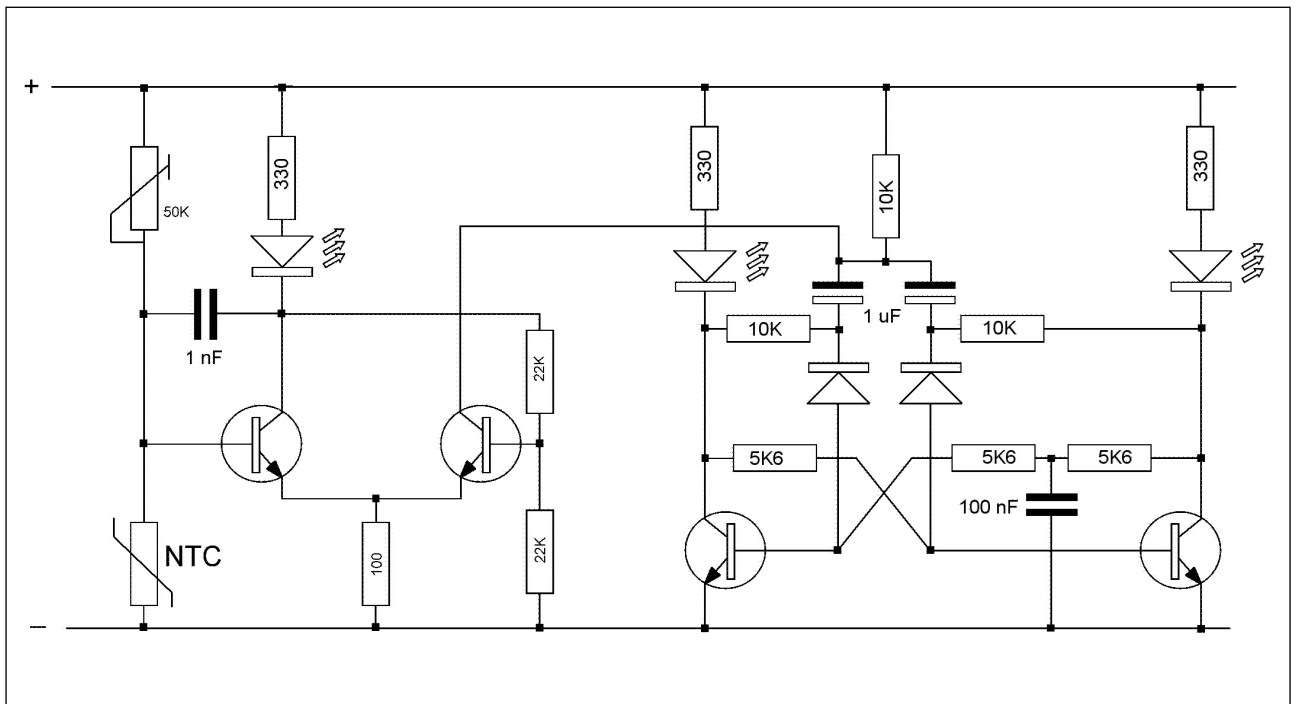


Flip-flop's voor hogere frequenties vragen steile stuurpulsen. Deze uitvoering gedraagt zich gemoedelijk. Hij is dan ook niet geschikt voor zeer snel werk. Om dendereffecten te voorkomen is hier gebruik gemaakt van een klein drukknopje met een actieve klik. Ook dát onderdeel is in de detailhandel goedkoop verkrijgbaar. Let op de polariteit van de elco's. Voor capaciteitswaarden tussen 1 en 100 uF zijn kleine, druppelvormige, tantaal elco's uitstekend geschikt. Ze worden meestal gebruikt vanwege de lage lekstroom.

Takkenbossen combineren

Temperatuursgevoelige flip-flop

Behalve met een schakelaartje kan de flip-flop getriggerd worden met een neergaande puls uit een voorgaande schakeling, bijvoorbeeld de temperatuurgevoelige Schmitttrigger.



***Bij deze schakeling
wordt de flip-flop
getriggerd door de
temperatuurgevoelige
Schmitttrigger***

Als de ingestelde temperatuur overschreden wordt, wordt de rechter transistor van de Schmitttrigger open gestuurd. De flip-flop ziet een negatieve puls en klapt om. Waar vroeger het motortje hing, zou je nu een collectorweerstand verwachten. Als je goed kijkt zie je dat die al aanwezig is in de flip-flop schakeling in de vorm van de 10K weerstand die de minpolen van de elco's met de plus verbindt. Het geheel werkt nu als maximum temperatuur indicator.

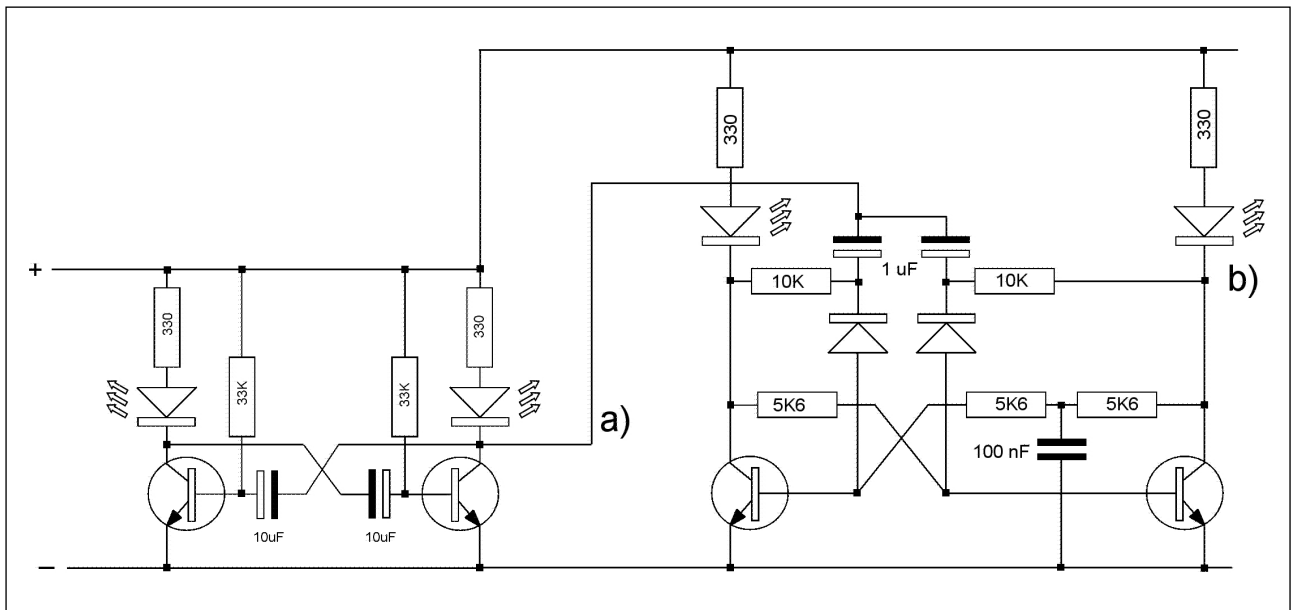
Echt betrouwbaar is hij niet. Als, door welke reden dan ook, de temperatuur opnieuw daalt beneden de ingestelde waarde en vervolgens weer omhoog gaat, zal de flip-flop braaf een tweede maal omklappen.

Geheugenfunctie

Toch is de geheugenfunctie een belangrijke eigenschap van de flip-flop. Hoe kort een verschijnsel ook duurt, de flip-flop detecteert het gebeuren feilloos.

Flip-flop plus astabilele multivib

Een interessantere schakeling wordt gevormd door de combinatie met de astabiele multivib. Let weer even op de collectorweerstand. In de flip-flop is de weerstand tussen de min van de elco's naar de plus weggehaald. In de astabiele wordt deze functie al vervuld door een LED met voorschakelweerstand.



Door de flip-flop te sturen uit onze astabiele multivib wordt een van de belangrijkste toepassingen van een flip-flop duidelijk

Tijddiagrammen

Om de hiermee tot stand gekomen schakeling beter te begrijpen, tekenen we de collectorspanningen in een tijddiagram. Een tijddiagram is een van de belangrijkste hulpmiddelen om ingewikkelde schakelingen te begrijpen. In een tijddiagram wordt getekend hoe de spanning op een bepaald punt van de schakeling zich gedraagt in functie van de tijd. De horizontale as van het diagram vormt een soort lineaal, waarmee we de tijd meten. De verticale as van het diagram is een lineaal, waarmee we de grootte van de spanning kunnen afmeten.

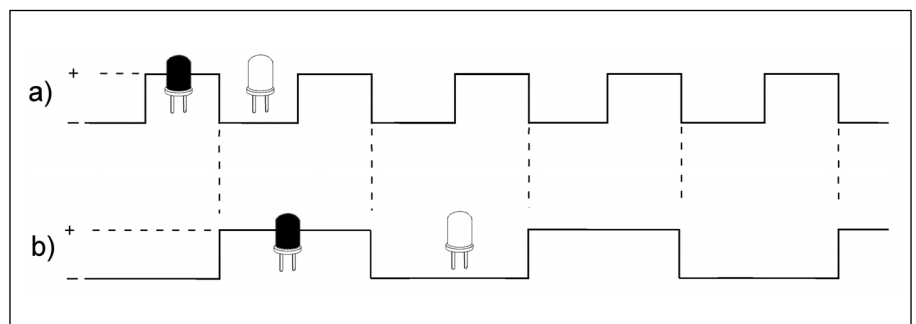
Opmerking

Let wel, een collectorspanning is hoog (voedingsspanning) als de transistor gesloten is. Hij is laag (bijna nul) als de transistor open gestuurd is.

Het eerste tijddiagram

Als we naar de patronen in het tijddiagram van de flip-flop kijken zien we dat een flip-flop zich als tweedeler gedraagt.

Het tijddiagram van de schakeling geeft het verloop van de spanningen op de punten a) en b) weer in functie van de tijd

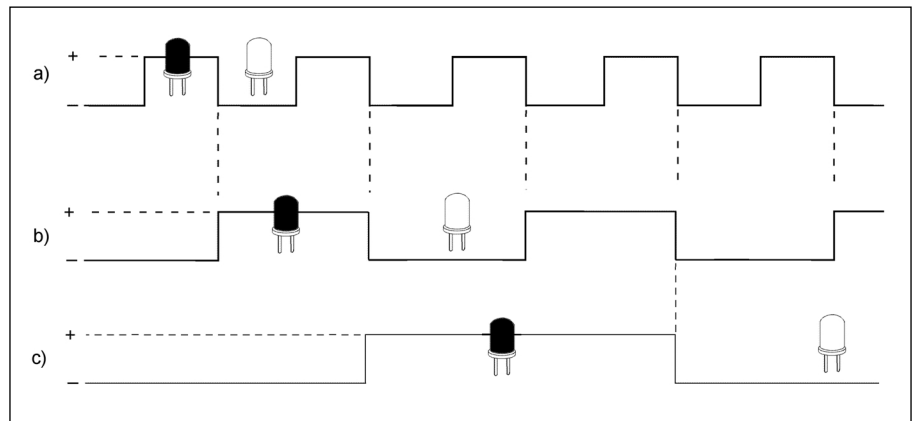


Voor elke twee keer dat het LED'je van de astabiele multivib a) oplicht, laat de flip-flop b) de LED maar één keer oplichten. Een flip-flop funktioneert dus als frequentiedeler, maar ook als pulsendeler.

Delen en nog eens delen

Dat laatste heeft de flip-flop een onmisbare bouwsteen gemaakt in de digitale elektronica. Zetten we twee flip-flop's achter elkaar dan hebben we een vierdeler. Zetten we er drie achter elkaar dan hebben we een ??? deler. Dat is iets om over na te denken. Een eerste reactie is misschien dat als één flip-flop door twee deelt en twee flip-flop's door vier delen, drie flip-flop's door zes delen. Mooi niet dus. Drie flip-flop's vormen een achtdeler. Kijk maar!

Drie achter elkaar geschakelde flip-flop's delen de frequentie van het ingangssignaal door acht



Zien we bij a) nog vier pulsen, dan tellen we er over hetzelfde interval bij b) twee en bij c) nog maar één.

Binaire reeksen

Het aantal malen dat de LED's van de opeenvolgende flip-flop's oplichten vormen dus de reeks 2-4-8-16-32-enz. We kunnen dat ook schrijven als 2^1 - 2^2 - 2^3 - 2^4 - 2^5 -enz.

Als we héél veel flip-flop's achter elkaar schakelen neemt het deelgetal stormachtig toe. Met acht flip-flop's kunnen we al door 256 delen en met zestien flip-flop's door niet minder dan 65.536!

Het grote voordeel van delen

Monostabiele versus flip-flop

Met een monostabiele wordt een tijdsvertraging gemaakt door een condensator als geheugen te gebruiken. De tijdsvertraging die nodig is om te laden via een weerstand heeft echter een beperking. In de eerste plaats zijn heel grote condensatoren moeilijk te krijgen en duur. De lekstroom die elke condensator heeft (net als batterijen lopen ze op den duur via de interne weerstand leeg) verhindert zeer lange tijdsvertragingen.

Door flip-flop's achter elkaar te zetten kunnen we echter eindeloze tijdsvertragingen realiseren. Als we uitgaan van een frequentie van één Herz (1 seconde) en we sturen die in een reeks achter elkaar geschakelde flip-flop's, dan zien we na elke flip-flop een tijdsverdubbeling:

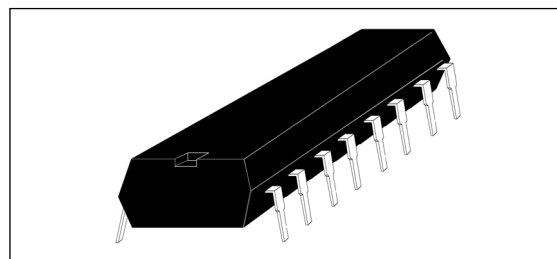
1-2-4-8-16-32-64-128-254-508-1.016-2.032-4.064.

Met twaalf flip-flop's zitten we al op een vertraging van ongeveer 7 uur!

Geïntegreerde flip-flop's

Het is een beetje onzinnig zélf twaalf flip-flop's te bouwen als we ze voor geen geld gecombineerd in één geïntegreerde schakeling kunnen kopen. Een voorbeeld van een IC met een "twaalf bit" teller is de CMOS 4040.

In dit kleine onderdeelje zitten twaalf flip-flop's



Dit juweeltje kost ongeveer 75 Eurocent!

De 4040 is een digitaal IC dat intussen vele tientallen zusjes heeft, boordevol digitale functies. In de volgende hoofdstukken zullen we kennismaken met enkele van deze geïntegreerde schakelingen.

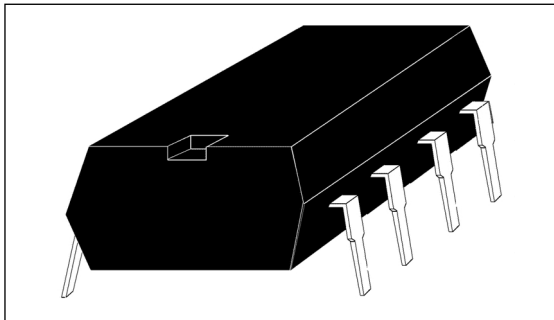
8 Hetzelfde, maar tóch anders

Alle onderdelen in één doosje

De timer 555

In dit hoofdstuk maken we kennis met een wel heel bijzonder IC, dat al vele jaren (zeker 25) bestaat maar nog steeds zeer actueel is. Het IC heeft de weinig zeggende naam 555, maar zit in het leveringspakket van vrijwel elke fabrikant. Er is zelfs een versie met twee 555's in één behuizing, maar die valt buiten onze interessesfeer omdat hij 14 poten heeft.

De behuizing van de 555, 8-pens "dual in line"

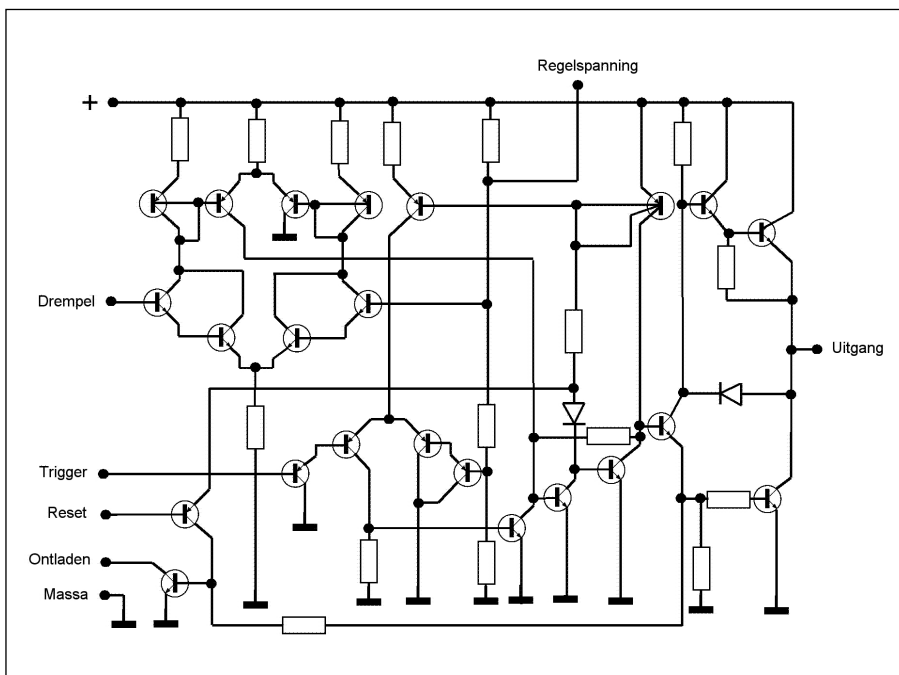


Met een veertien poter is takkenbostechniek een stuk moeilijker. Maar de enkelvoudige 555 heeft maar acht pootjes en is dus vrij gemakkelijk te behandelen.

Het intern schema

Als we naar het binnenwerk van de 555 kijken zal duidelijk worden hoe veelzijdig dit IC is. Je zou zelfs het idee krijgen dat alles uit de vorige hoofdstukken overbodig is geweest. Dat lijkt echter maar zo. We komen goed beslagen ten ijs en hebben ons alle basistechnieken eigen gemaakt die het mogelijk maken met dit soort IC's te gaan werken. Alle onderdelen komen bekend voor, kijk maar.

Het intern schema van de 555 bevat maar liefst 23 transistoren, 15 weerstanden en twee dioden

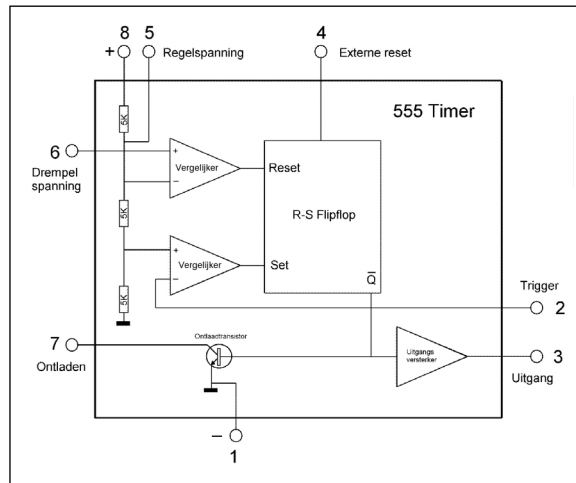


Of toch niet helemaal? We tellen maar liefst 23 transistoren, 15 weerstanden en twee dioden. En dat allemaal voor één Euro.

Functieschema

Het functieschema schept meer duidelijkheid. Centraal zien we een flip-flop van een type met twee ingangen. Een puls op de set ingang maakt de uitgang laag. Een puls op de reset ingang maakt hem weer hoog.

**Het functieschema geeft
inzicht in de werking
van een IC**



In de flip-flop uit het vorige hoofdstuk waren de twee ingangen gecombineerd tot één ingang. Verder zien we drie weerstandjes in serie. Over elke weerstand staat een spanning die we met de wet van Ohm gemakkelijk kunnen uitrekenen. Bij een voedingsspanning van 12 volt over de 15K (het totaal van de weerstanden) staat over elke weerstand 4 volt. Er loopt een continue stroom van:

$$I = V/R = 4/5000 = 0,8 \text{ milliampère.}$$

We kunnen de spanning over de weerstanden beïnvloeden door een regelspanning te verbinden met pootje 5 van het IC. Verder zit er nog een transistor in die een extern aangesloten condensator snel kan ontladen, twee vergelijkers of comparatoren en een uitgangsversterker die intern ook als vergelijker is geschakeld.

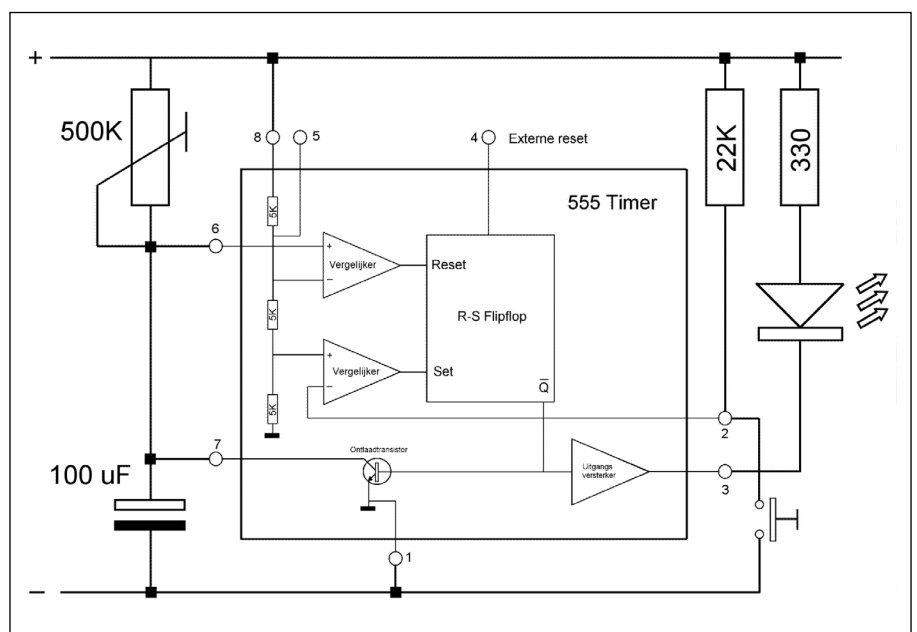
**Vergelijkers of
comparatoren**

De vergelijkers vragen enige uitleg. De uitgang is hoog als de spanning op de plus ingang hoger is dan de spanning op de min ingang. De werking lijkt dus een beetje op een Schmitttrigger.

**Een praktisch timer
schema rond de 555**

Met een paar externe componenten wordt het allemaal een stuk duidelijker.

**Het eerste schema rond
de 555, een eenvoudige
door een drukknop te
starten timer**



Links zien we de onderdelen voor de inmiddels vertrouwde RC-tijd. Voor de 555 is die tijd onafhankelijk van voedingsspanning en temperatuur:

$$t = 1,1 RC = 1,1 \times 500000 \times 0,0001 = 55 \text{ seconden}$$

Dit geldt als de instelpot zijn maximale weerstand heeft. De weerstand van 22K rechts houdt de trigger ingang hoog. Met de drukknop wordt de trigger ingang laag gemaakt, waardoor de RC-tijd afloopt. Door de interne schakeling rond de 5K weerstandjes laadt de condensator op tot 2/3 van de voedingsspanning. Zodra die waarde bereikt is, ontlad de interne transistor de condensator waardoor de schakeling weer in de beginstand komt en de knop opnieuw ingedrukt kan worden. Zolang de timer loopt is de trigger ingang ongevoelig. Indien noodzakelijk kan de cyclus afgebroken worden door pen 4, de externe reset ingang kort aan massa te leggen.

De RC-tijd

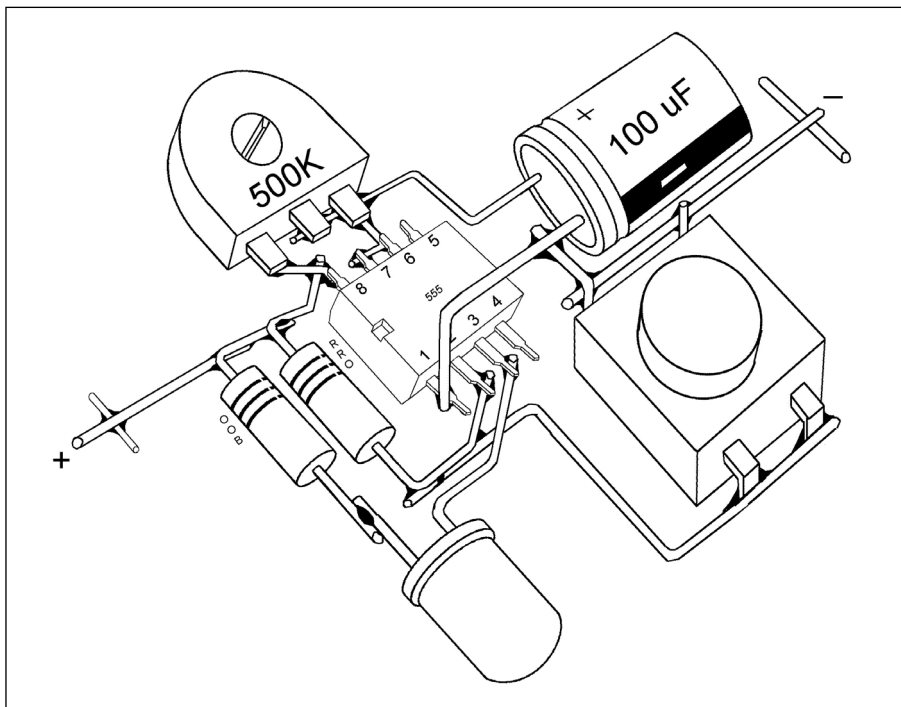
Het berekenen van RC-tijden is in dit boek inmiddels routine geworden. Toch is het altijd weer lastig condensatorwaarden naar farad om te rekenen. Als we R in kiloohm en C in microfarad (uF) nemen komen er milliseconden uit de formule:

$$t = 1,1 RC = 1,1 \times 500 \times 100 = 55000 \text{ milliseconden} = 55 \text{ seconden}$$

De takkenbos

En nu dan de takkenbos. Voor ons doel buigen we de pootjes van het IC in het horizontale vlak. Het is een heel gepriegel.

De bedrading van de eerste takkenbos rond de 555



Door de plus en min draad aan tegenoverliggende zijden van de schakeling naar buiten te voeren is het geheel gemakkelijk aan te sluiten op de spanningsrail van andere schakelingen.

De voeding

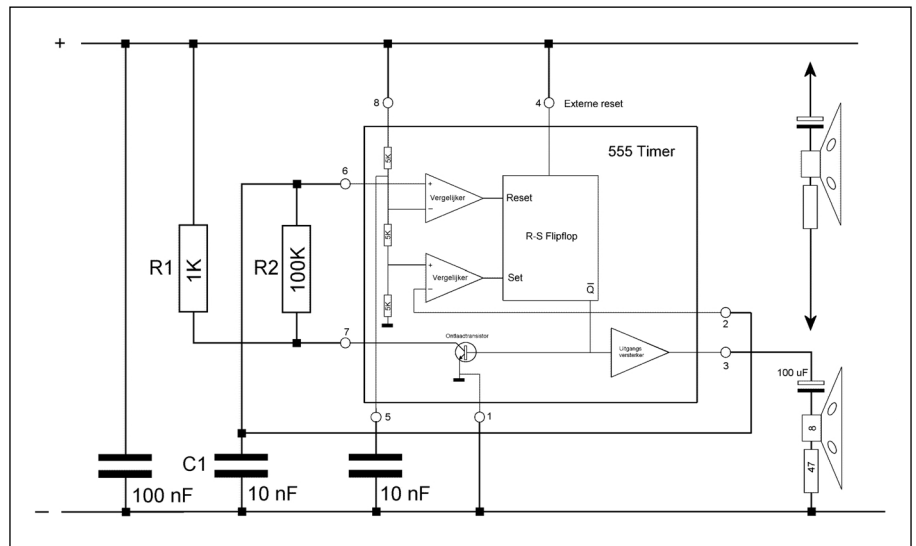
In hoofdstuk 1 is aan de voeding de eis gesteld dat die minimaal zo'n 200 milliampère zou moeten kunnen leveren. Wel, dat is precies wat de 555 aan zijn uitgang op pen 3 kan leveren.

Een pulsenkast met de 555

Schakeling voor het sturen van een luidspreker

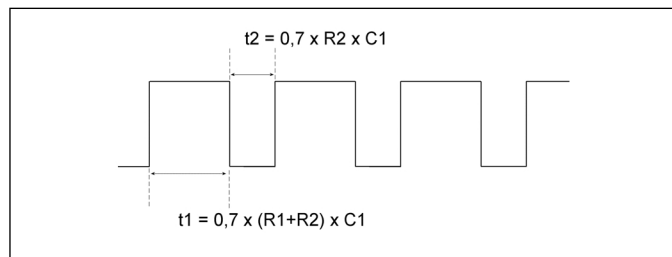
We zullen daar een voorbeeld van opzetten aan de hand van een pulsenkast die rechtstreeks een luidspreker aanstuurt. Met zo'n schakeling kunnen we toontjes met veel vermogen genereren.

Met deze schakeling kunnen we héél wat herrie aan een luidspreker ontlokken



Als de 555 als astabiele multivib geschakeld is, kunnen we met slechts vier externe onderdeeltjes zowel de aan als de uit tijd regelen. Dat is het best duidelijk te maken met een diagram.

Het tijddiagram van de schakeling



Let wel, als de uitgang hoog is, is de uitgangsstroom nul. Pas als de uitgang laag is kan er stroom vloeien door de uitgangsbelaasting.

Berekening van de onderdelen

Met de twee door de fabrikant opgegeven formules kunnen we de aan en uit tijd nauwkeurig berekenen. Als R2 veel groter is dan R1 (zoals hier een factor 100), kunnen we in de formule voor t1 de waarde van R2 verwaarlozen. In dat geval geldt voor beide tijden:

$$t1 = 0,7 \times R2 \times C1 = 0,7 \times 100 \times 0,01 = 0,7 \text{ milliseconden}$$

(R in kiloohm en C in uF)

De tweede condensator heeft geen invloed op het timinggedrag. De totale cyclustijd is 1,4 milliseconden en de frequentie wordt derhalve $1/1,4 = 0,7 \text{ kHz}$. Frequentie is altijd één gedeeld door de tijd.

Het uitgangsvermogen

We moeten nog even terugkomen op de maximale uitgangsstroom van 200 milliampère. Bij een voedingsspanning van 10 volt geeft de wet van Ohm ons de waarde voor de minimaal toelaatbare uitgangswaerstand:

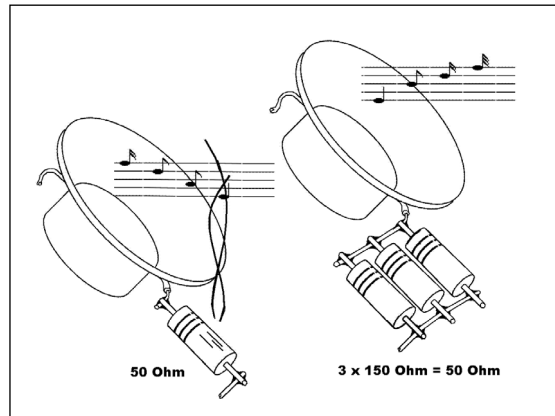
$$R = V/I = 10/0,2 = 50 \text{ ohm}$$

Als we een 8 ohm luidsprekertje hebben, moet er dus een seriële weerstand van 42 ohm bij. Gezien 47 ohm een standaard waarde is vinden we die terug in het schema. Het door de luidspreker afgegeven vermogen is gelijk aan stroom maal spanning.

Van de 10 volt voedingsspanning staat slechts 1,6 volt over de speaker. Bij 200 milliampère is het vermogen dus $1,6 \times 200 = 320 \text{ milliwatt}$, bijna een half watt. Vergeet de weerstand niet! Daar schuilt een addertje onder het gras. Over de weerstand staat 8,4 volt bij een stroom van 0,2 ampère. Hij ontwikkelt in dat geval $0,2 \times 8,4 \text{ watt}$ aan warmte. Of eigenlijk de helft, omdat de uitgang maar voor de helft van de tijd stroom levert (er komt immers een blokgolf uit). Dat is altijd nog 0,84 watt! Een

normale weerstand is gemaakt voor een kwart watt. Kijk er dus niet vreemd van op als de weerstand in rook opgaat. Een oplossing is in onderstaande tekening gegeven.

Als één weerstandje te veel vermogen zou verwerken kan men verschillende weerstanden parallel solderen



De luidspreker

Het is dus gunstiger een luidsprekertje te gebruiken van bijvoorbeeld 36 ohm. We beschikken dan over bijna anderhalf watt aan vermogen. De uitgang van de 555 kan overigens zowel naar de plus als naar de min 200 milliampère leveren. Vandaar de ingetekende optie voor een andere luidspreker positie. Let wel op de polariteit van de ont koppelcondensator. Deze condensator zorgt ervoor dat de luidspreker uitsluitend wisselspanning ziet. Gelijktroom wordt tegengehouden.

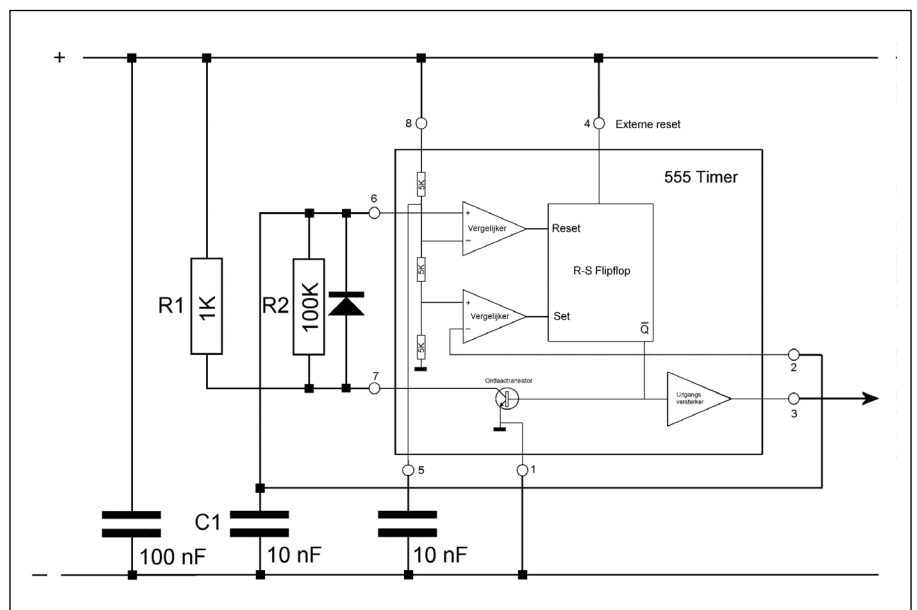
Ontkoppeling

Aan de linkerzijde van het schema zien we een extra condensator over de voedingsspanning getekend. Dit C'tje onderdrukt stoorpieken op de voedingslijn en kan veel zoekwerk voorkomen als een schakeling niet lijkt te werken zoals we ervan zouden verwachten. Bij voorkeur passen we een ceramische condensator tussen 10 en 100 nF toe. Zo'n condensator wordt een ont koppelcondensator genoemd en we hebben het dan ook over "ontkoppelen van de voedingsspanning".

Voor de echte liefhebber

Door het toevoegen van één enkele diode wordt de pulsenkast uitgebreid met een handigheidje.

Met dit schema kunnen we de aan en uit tijden onafhankelijk van elkaar instellen



C1 wordt nu opgeladen over R1 en ontladen over R2. In het pulsdia-gram zijn t1 en t2 nu afhankelijk in te stellen:

$$t1 = 0,7 \times R1 \times C1$$

$$t2 = 0,7 \times R2 \times C1$$

Deze mogelijkheid zullen we verderop dankbaar gebruiken.

Slotopmerking

Hoewel de 555 een veelzijdig IC is, zitten de aansluitingen voor onze takkenbostechniek erg onhandig. Dat hebben we bij de vorige schakeling, de timer, al gezien. We zullen de astabiele multivib uitwerken met het voedingsrail systeem. Daarvoor verrichten we eerst twee kleine ingrepen aan het IC. Dat werken we in het volgende hoofdstuk uit.

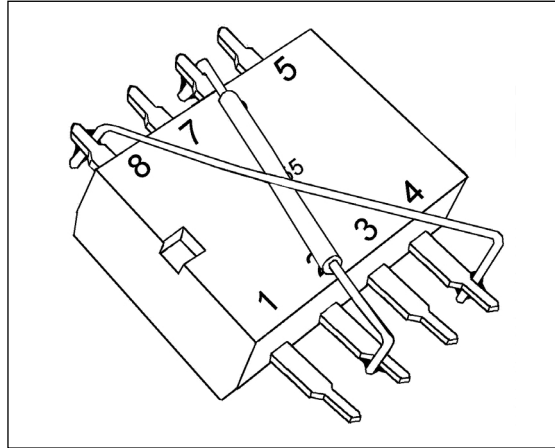
9 De 555 in de praktijk

Voorbereiden van het IC

Twee vaste verbindingen

De 555 heeft twee verbindingen die vrijwel altijd aanwezig zijn. De externe reset pen (4) wordt, als hij niet gebruikt wordt, met de plus (8) verbonden. De trigger ingang (2) is normaal doorverbonden met de drempel spanning ingang (7). Deze verbindingen brengen we alvast rechtstreeks op het IC aan.

Deze twee verbindingen op het IC kunnen we vast aanbrengen, want deze zijn vrijwel steeds noodzakelijk

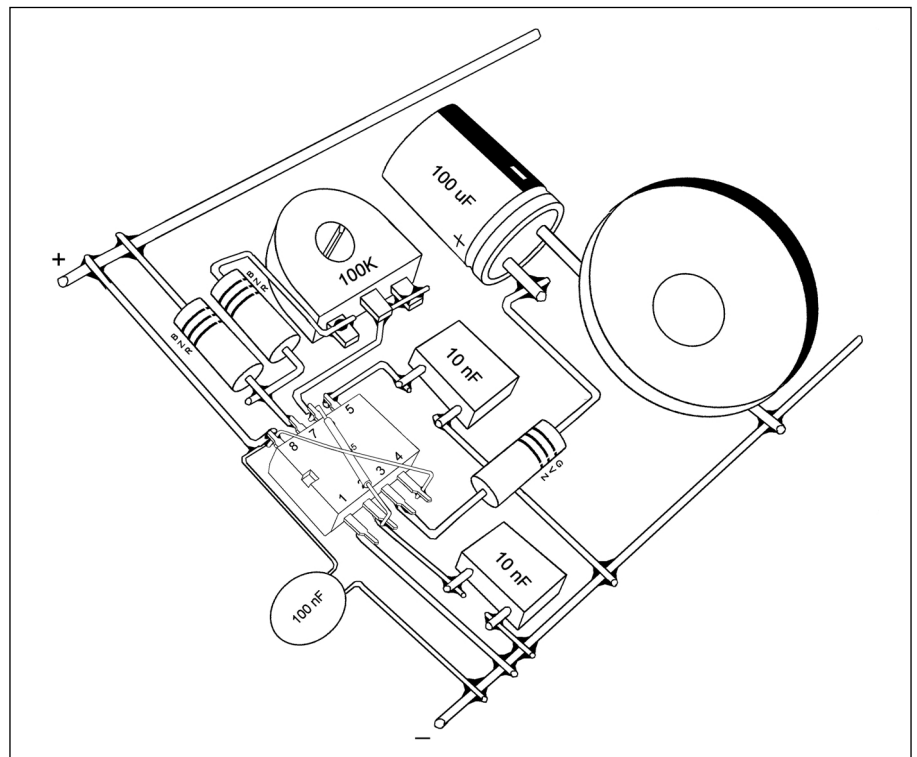


Als één van de draadjes van isolatie is voorzien voorkomen we kortsluiting. Dit gemodificeerde IC wordt op de gebruikelijke wijze in een takkenbosschakeling verwerkt.

De pulsenkast als takkenbos

In tegenstelling tot het schema, is R2 hier uitgevoerd als instelpotmeter. Om te voorkomen dat R2 echt 0 ohm wordt, voegen we een klein weerstandje (1K) toe in serie. Let op de ontstoorcondensator van 100 nF.

De pulsenkast uit het vorige hoofdstuk kunnen we nu als takkenbos opbouwen

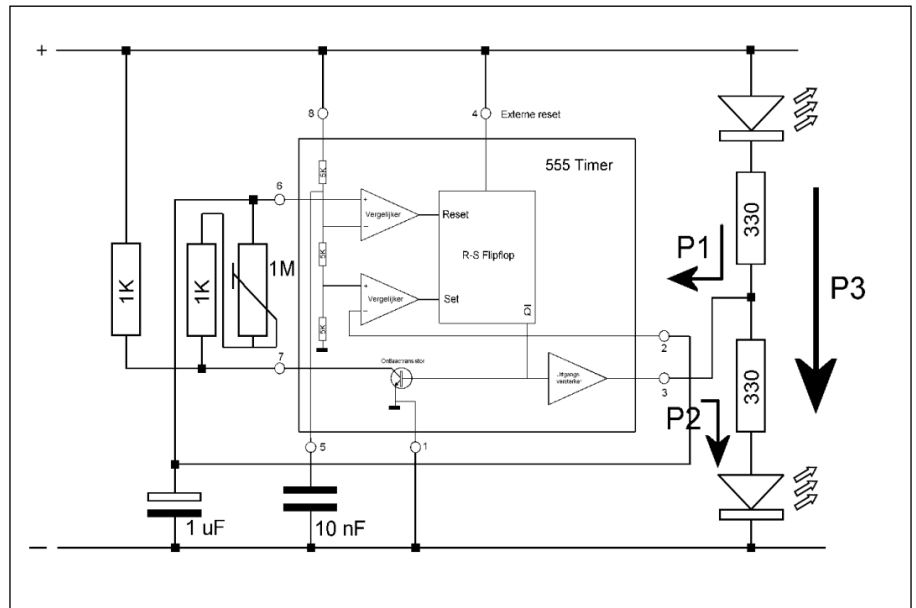


Overige schakelingen met de 555

Een knipperlicht dat niet werkt

Het knipperlicht van hoofdstuk 3, maar nu met een 555

Vrijwel dezelfde schakeling geeft een knipperlicht zoals dat in hoofdstuk 3 met transistoren hebben opgebouwd.

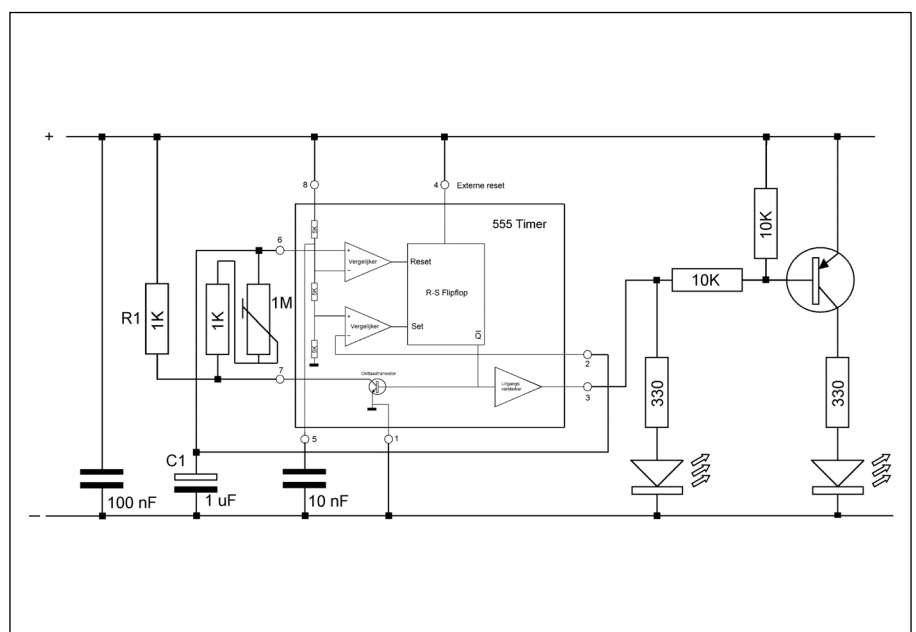


We lijken in dit schema dankbaar gebruik te maken van het gegeven dat de uitgang van de 555 zowel stroom kan leveren naar massa als van de plus. Maar let even op de getekende pijlen. Als uitgang 3 laag is, loopt er stroom via pijl 1 en de bovenste LED gaat branden. Is daarentegen uitgang 3 hoog, dan loopt er stroom via pijl 2 en brandt de onderste LED. Op deze manier zouden we, net als in de transistoruitvoering, een wisselend knipperende schakeling hebben. Op deze manier maken we echter óók een onbedoelde stroomdoorgang. Beide LED'jes met hun voorschakel weerstanden bevinden zich direct tussen de voeding en de massa en zullen daarom beide blijvend branden door de stroom langs pijl P3!

De oplossing

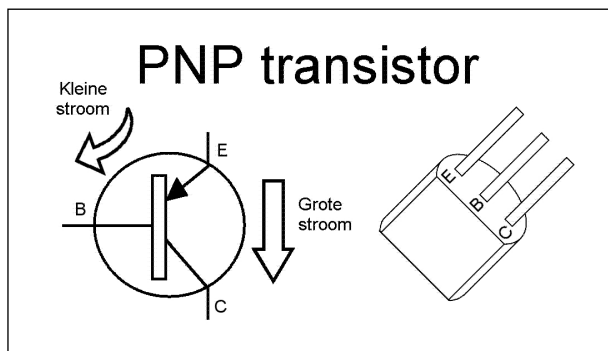
Een oplossing voor dit probleempje kost drie extra onderdelen, waarvan één nieuw. De transistor in het schema heeft het pijltje naar binnen gericht, dat is niet wat we tot nu toe gewend zijn in dit boek.

Door het toepassen van twee weerstanden en een PNP transistor kunnen we het probleem gemakkelijk oplossen



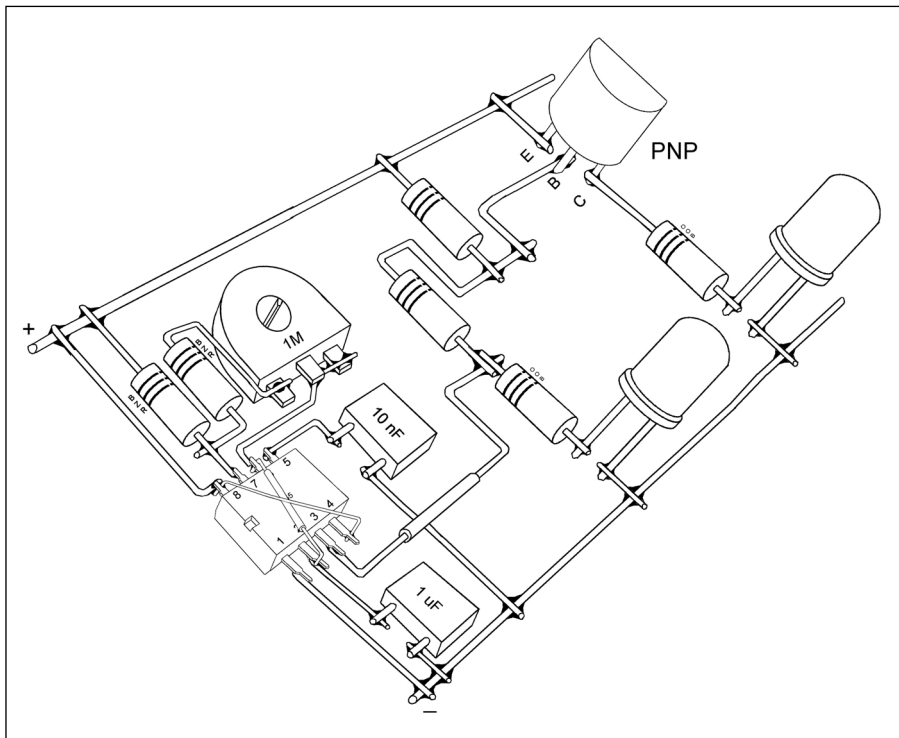
We hebben hem al even eerder genoemd. Het is een PNP transistor. Hij heeft een gelijkwaardige behuizing en dezelfde aansluitingen. Het is dus zaak NPN en PNP niet door elkaar te halen. Om ze uit elkaar te houden bestaat een ezelsbruggetje. "Pijl Naar Pinnen" staat voor PNP. De laatste P zou eigenlijk een B moeten zijn maar vanwege het mooie beginrijm laten we dat maar even zo.

Het symbool en de aansluitgegevens van een PNP transistor



In de schakeling zijn zowel de trimpot als de timingcondensator uiteraard aangepast aan de lagere frequentie. De takkenbos is niet ingrijpend gewijzigd. We gebruiken het met twee verbindingen gemodificeerde IC op dezelfde manier als in de toongenerator met luidspreker. Let nog even op de serieweerstand met de trimpot. Als de totale weerstand te laag is (ongeveer kleiner dan duizend ohm) slaat de multivib af. Als de schakeling niet werkt is het raadzaam, alvorens in paniek te raken, de potmeter in de middenstand te zetten. Dat is trouwens een goede tip voor alle schakelingen met instelweerstand.

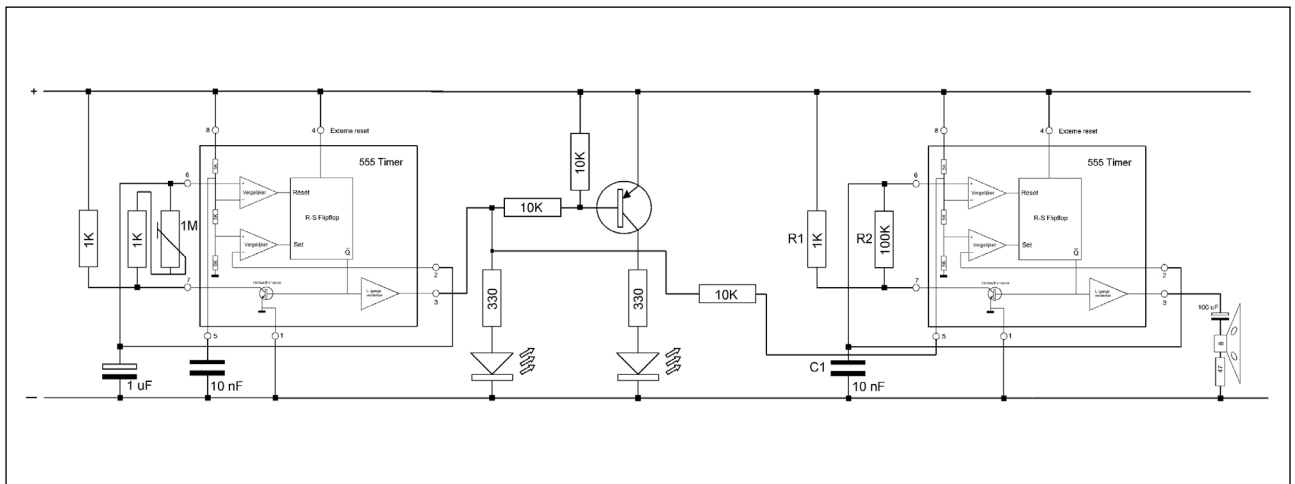
De PNP transistor wordt op deze manier in de takkenbos ingevoegd



Voor de timingcondensator bestaan verschillende opties. Er kan gekozen worden voor een gewone condensator of voor een elco. In het laatste geval moet wel op de polariteit gelet worden.

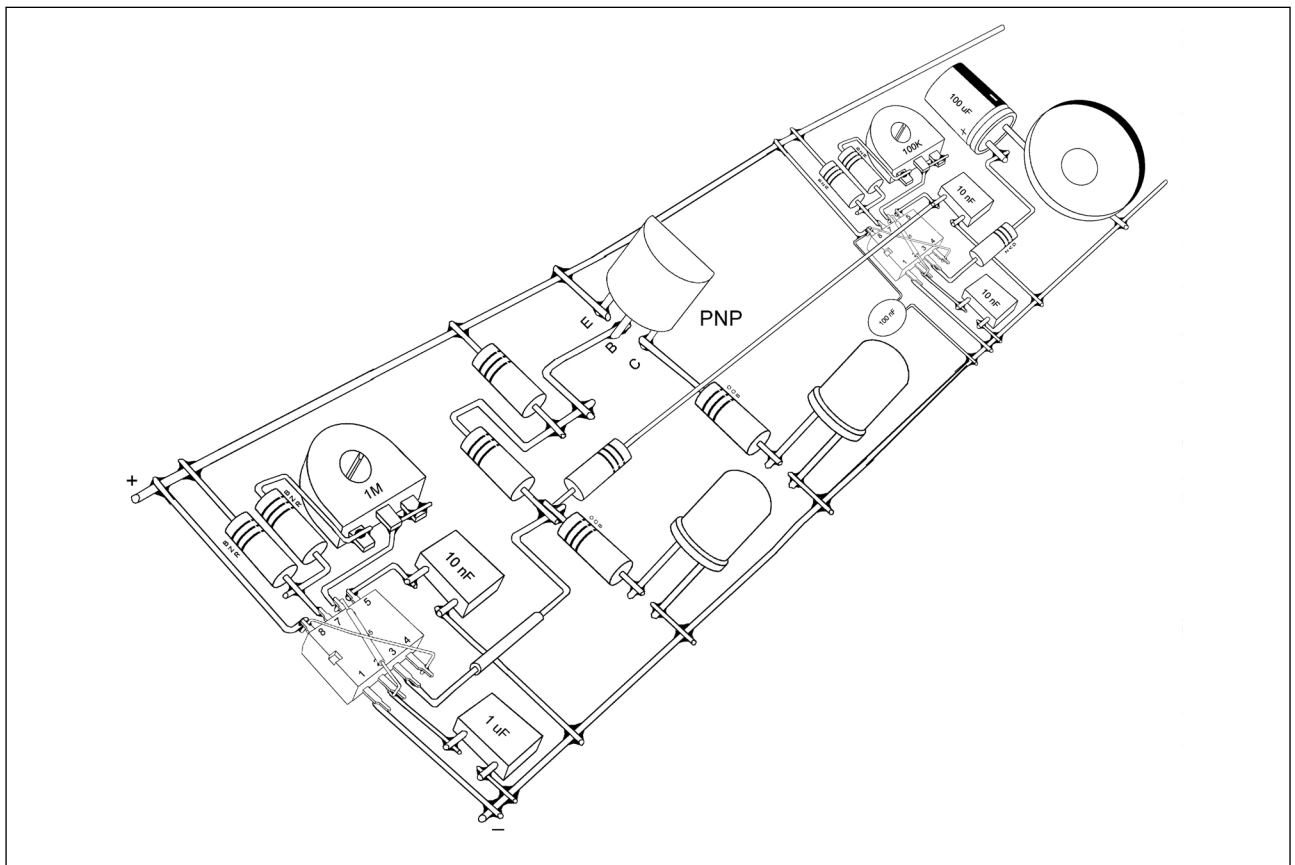
Dubbeltonige sirene

We hebben nu twee interessante 555 schakelingen in takkenbostech-niek die zich uitstekend laten combineren zoals de volgende schake-ling demonstreert.



***Twee takkenbossen
kunnen we combineren
tot deze dubbeltonige
sirene***

De uitgang van het knipperlicht gaat naar de regelspanning ingang van de toongenerator.
De condensator die om interne redenen altijd tussen pen 5 en massa zat, kunnen we weglaten.

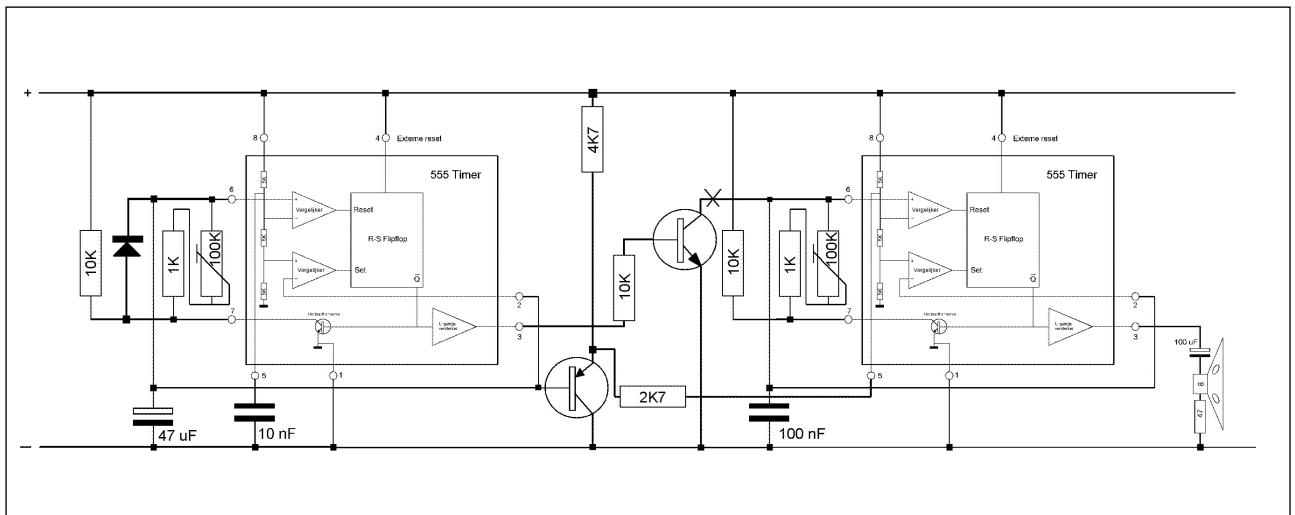


De combinatie van de twee takkenbossen

De regelspanning doet precies wat hij belooft. Hij regelt de frequentie van de toongenerator bij. Een dubbeltonige sirene is het resultaat.

Variaties op een thema

Deze schakeling heeft enkele aardige variatiemogelijkheden. We bekijken er nog één. We veranderen de tweetonige sirene in een huiltoongenerator zoals je die hoort in alarminstallaties. Het enige wat we hiervoor moeten doen is de uitgangsspanning van de knipperschakeling iets aanpassen voordat we hem aan de sturingang van de signaalgenerator aanbieden. Een van de mogelijkheden is in het volgende schema getekend.

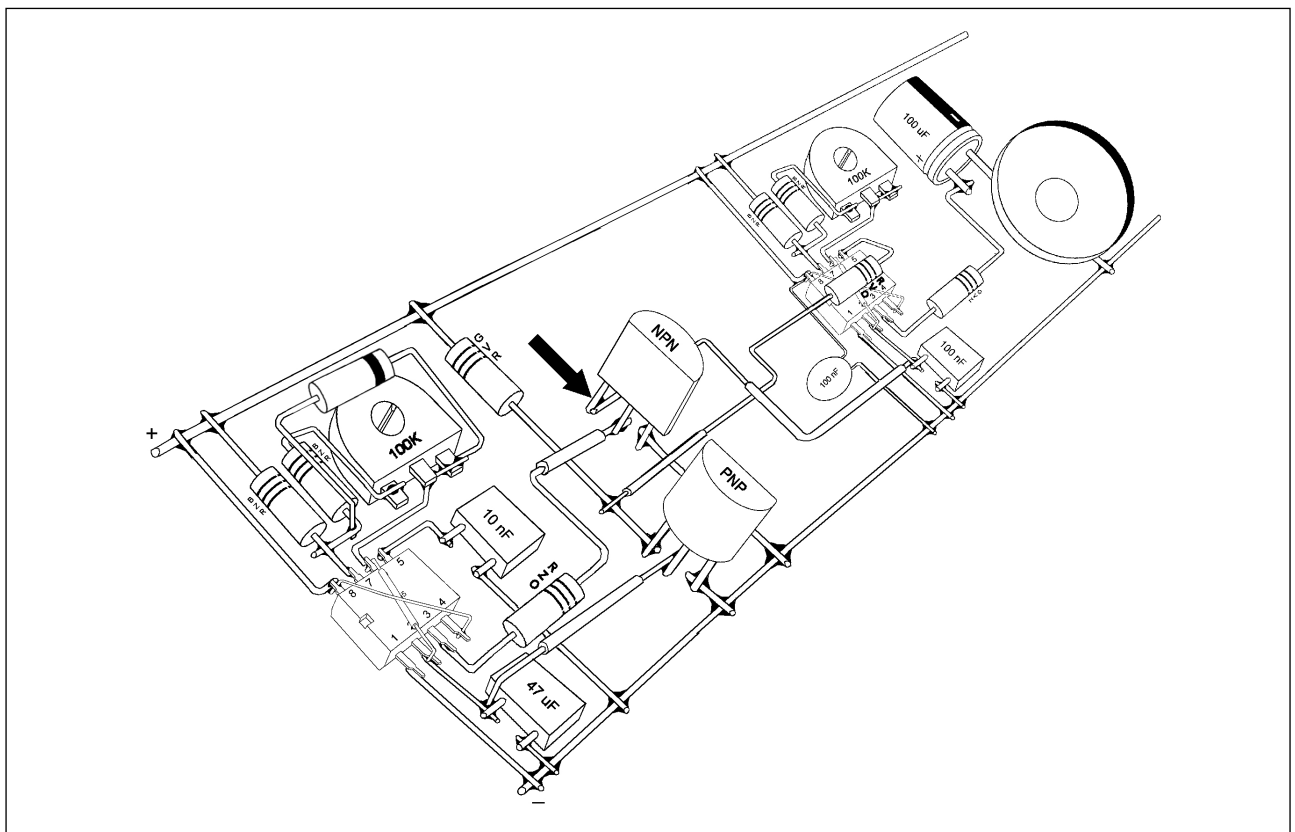


Deze schakeling vormt een échte huilsirene waarvan de toonhoogte continu wijzigt

Let op de twee verschillende transistoren. Bovendien is de diode over een van de timingweerstanden aangebracht zoals eerder besproken. De PNP transistor verstemt de toonhoogte van de rechter 555, afhankelijk van de laadspanning over de timing condensator van de linker 555. De NPN transistor schakelt de rechter 555 uit tijdens de ontlaadcyclust van de zelfde condensator. Daardoor horen we een opgaande toon die op zijn hoogtepunt afgebroken wordt om na enige rust weer opnieuw te beginnen. Als we de collector van de NPN transistor los nemen, horen we ook de omlaaggaande toon, het ouderwetse brandweersirene effect.

De huilsirene als takkenbos

Als takkenbos is dit veruit het moeilijkste bouwproject uit dit boek. Toch doen we een poging.



De takkenbos van de huilsirene

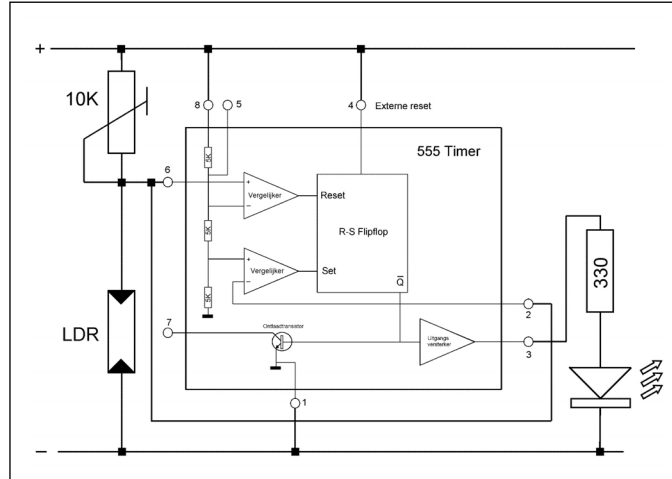
De pijl geeft het punt aan dat er, indien losgekoppeld, een normale sirene van maakt.

Trigger schakelingen

De 555 als Schmitttrigger

Met transistoren hebben we al eens een Schmitttrigger gebouwd. Het spreekt bijna voor zich dat de 555 ook dit soort toepassingen moeiteloos aankan. De basisschakeling voor een Schmitttrigger is wel héél eenvoudig. Naast een LDR of NTC gebruiken we slechts één weerstand.

Het basisschema van een 555 als Schmitttrigger

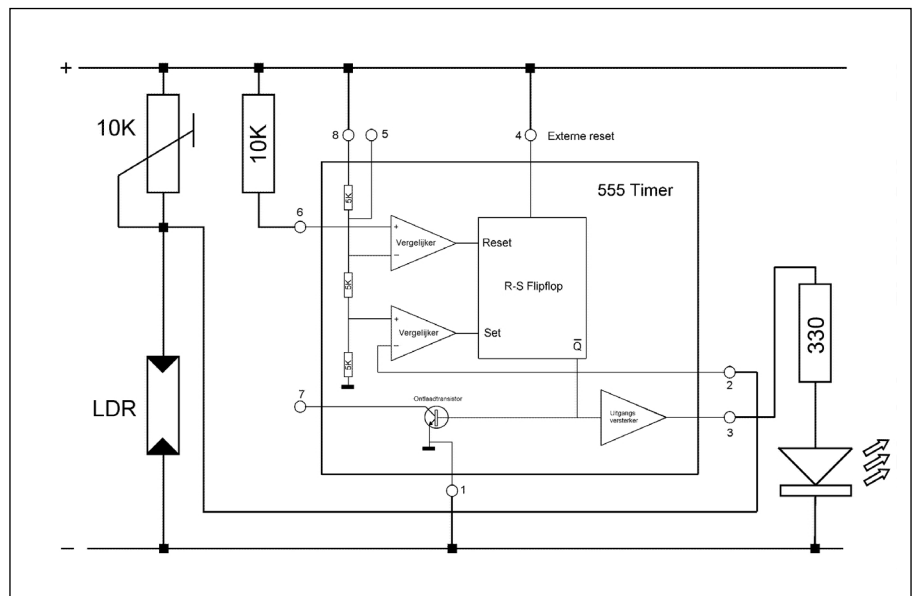


Deze schakeling heeft een behoorlijk nadeel, dat tegelijkertijd een groot pluspunt kan zijn. De in- en uitschakelmomenten liggen ver uit elkaar. Dat komt door de ingebouwde spanningsdeler. Als de ingangsspanning stijgt (de LDR wordt verduisterd) dan klapt de schakeling om zodra $2/3$ van de voedingsspanning bereikt is. Als de verduistering opgeheven wordt, klapt de schakeling pas weer om op $1/3$ van de voedingsspanning. Er is dus een groot middengebied waarin de schakeling niet reageert.

Hysteresis

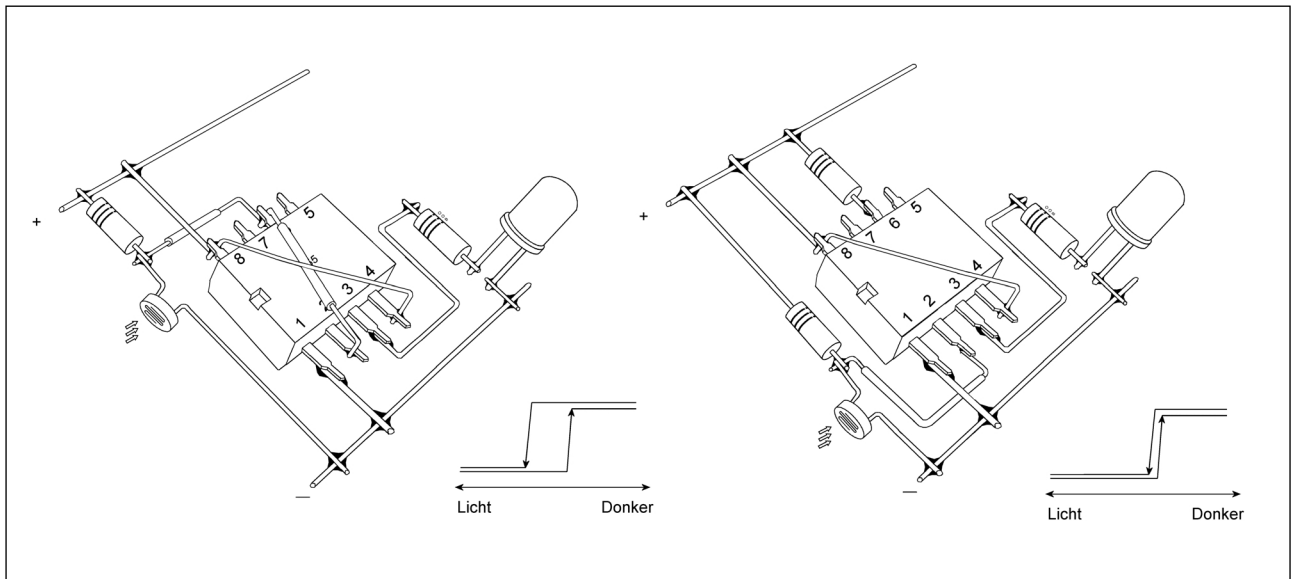
Deze “hysteresis” (zo wordt dit verschijnsel genoemd) is vervelend als we een precies schakelpunt nodig hebben. Het is juist weer handig als we niet willen dat bij elk wolkje voor de zon de tuinverlichting aan en uit knippert. De 555 zou de 555 niet zijn als we hier niet iets aan zouden kunnen doen. Een klein beetje hysteresis is overigens in de meeste gevallen gewenst om te voorkomen dat de schakeling om het schakelpunt gaat klapperen. De toevoeging van slechts één weerstandje vermindert de hysteresis aanzienlijk.

Met deze schakeling kunnen we het effect van de hysteresis minimaliseren



Even oppassen

De inmiddels vertrouwd geraakte doorverbinding tussen de pennen 2 en 6 is verdwenen. De takkenbosjes voor beide schakelingen zijn eenvoudig. Om de ontbrekende verbinding te benadrukken zijn ze in één tekening opgenomen.



Twee takkenbos schakelingen demonstreren de invloed van de hysteresis

Links de schakeling met een groot dood gebied en rechts die met een klein dood gebied. De LED gaat branden als het donker wordt. Door de LDR en de weerstand van plaats te laten wisselen gaat hij juist uit als het donker wordt. De LED met serieweerstand kan uiteraard door een passend relais vervangen worden of door een klein motortje.

Slotopmerkingen

Als afsluiting van dit 555 hoofdstuk mag niet onvermeld blijven dat óók de timingweerstanden vervangen kunnen worden door een LDR of NTC zodat het gedrag afhankelijk wordt van de hoeveelheid licht of de heersende temperatuur. Door gebruik van de timingformuletjes kan eenvoudig de bijbehorende condensatorwaarde berekend worden. Behalve de flip-flop hebben we nu alle transistorschakelingen met de 555 uitgevoerd. Die flip-flop laten we even zitten. In het functieschema van de 555 zien we dat die al in het IC zit.

De 555, een universeel IC

De 555 op Internet

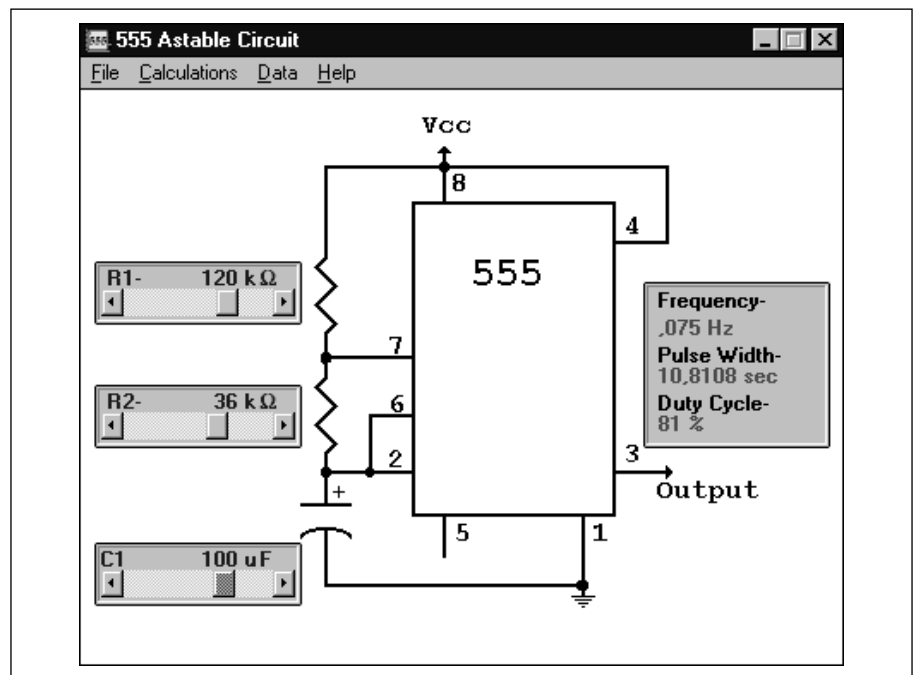
De 555 is weliswaar zo'n 25 jaar oud, toch zien we hem steeds weer opduiken. Hij is er ook in een stroombesparende "CMOS" uitvoering. In dit boek is de normale uitvoering gebruikt. Voor wie gecharmeerd is geraakt van dit universele iceetje, moet eens op Internet zoeken op trefwoord 555. Tussen de duizenden links treffen we sites aan waarop hobbyisten een webpagina aan de 555 hebben gewijd. Op het net vinden we bijvoorbeeld schakelingen voor:

- ◆ tijdsignalering;
- ◆ optische signalen;
- ◆ akoestische signalen;
- ◆ alarminstallaties;
- ◆ trigger schakelingen.

Software voor de 555

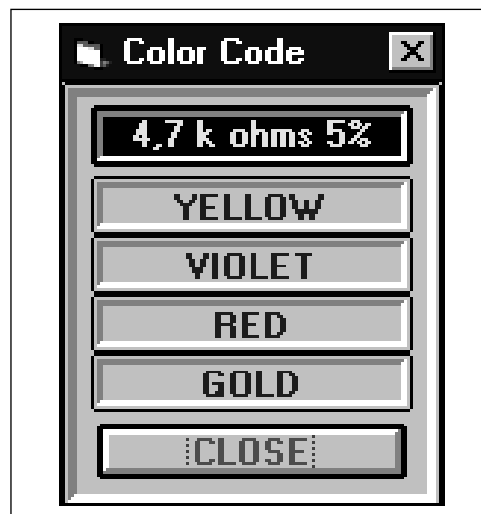
Heel aardig zijn ook de rekenprogramma's die alle waarden direct omrekenen en het gedrag van het IC simuleren. Zo staat op de Internet-site van de uitgever van dit boek, en wel op pagina www.vego.nl/14/02/01/14_02_01.htm, een alleraardigst programmaatje waarmee we alle componentenwaarden rond de 555 kunnen berekenen.

**Met dit programma
kunnen we de
componentenwaarden
rond de 555 gemakkelijk
berekenen**



Een aardigheidje is dat in dit programma ook een venstertje aanwezig is, waarin we de kleurencode van de berekende weerstanden kunnen terugvinden. Handig voor onervaren experimenteerders, die de kleurencode nog niet zo goed kennen!

**De kleurencodes van de
berekende weerstanden
verschijnen in een
eigen venstertje**



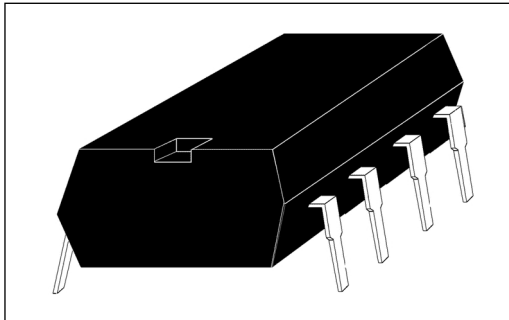
10 Operationele versterkers

Inleiding

Het begrip versterker

Het begrip “versterker” kennen we van de geluidsversterker zoals die heel klein in een transistorradio zit en heel groot in de disco. In de elektronica is een versterker een bouwsteen die universeel ingezet kan worden. We noemen hem “operationele versterker” met als afkorting op-amp, van het Engelse operational amplifier. De op-amp is er in meerdere behuizingen. Soms zitten er meerdere in één IC. De uitvoering die we hier kiezen is de 741 die je voor iets meer dan een halve Euro tot je eigendom mag rekenen.

De 741 is in diverse behuizingen leverbaar, maar wij kiezen voor de van de 555 reeds bekende DIL-8 behuizing

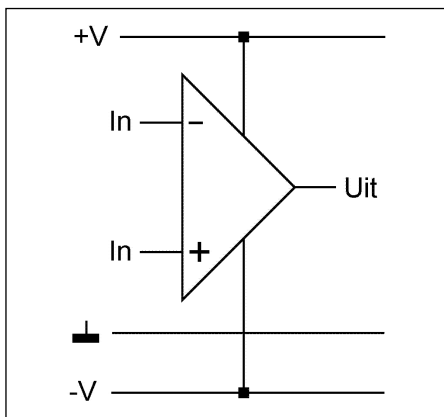


Er zijn modernere uitvoeringen met extreem hoge ingangsweerstand, zeer lage temperatuurgevoeligheid en een aantal speciale eigenschappen die wij voor onze ontdekkingsreis niet nodig hebben. Een hele mooie is de TL71, ook in een 8-pens DIL (dual in line) behuizing. Maar die kost iets meer dan een Euro en we blijven zuinig, toch? Laat je niet misleiden door de behuizing. Die lijkt verdacht veel op die van het werkpaard uit het vorige hoofdstuk. Je herinnert je misschien dat in de 555 drie operationele versterkers zitten. Ze zijn daar echter als vergelijkker geschakeld. De uitgang is dan hoog of laag zonder tussenstanden. Bij een echte op-amp kan de uitgang elke stand aannemen in het bereik van de voeding, van bijna V_- tot bijna V_+ .

Het symbool van de op-amp

Een op-amp heeft meestal twee voedingsaansluitingen, een positieve en een negatieve

Zoals het schema laat zien gaat die voeding van $-V$ tot $+V$. Ten opzichte van de massalijn zijn er dus twee voedingsspanningen vereist.



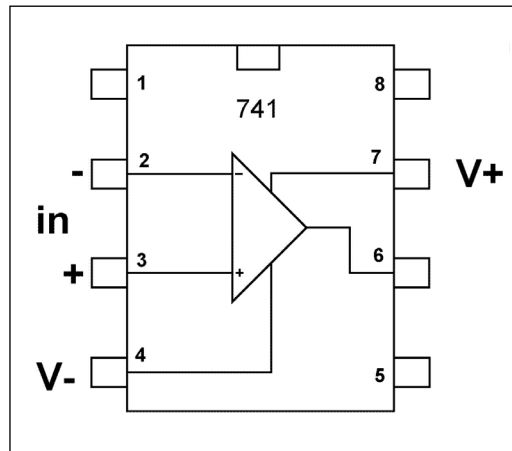
Dikke steker erbij kopen? Niet nodig. Daar komen we zo op terug. Naast twee voedingsspanningen zien we ook twee ingangen. De uitgang wordt hoger als de plus ingang hoger wordt. Dat lijkt logisch. Maar als de min ingang hoger wordt, gaat de uitgang juist omlaag. De

min ingang wordt ook wel de inverterende ingang genoemd. Het lijkt knap ingewikkeld en dat is het ook.

Aansluitgegevens van de 741

Op deze manier is de interne schakeling van de 741 verbonden met de acht pennen

Naast de besproken twee ingangen 2 en 3, de uitgang 6 en de twee voedingspennen 4 en 7 heeft de behuizing nog drie pennen 1, 5 en 8.

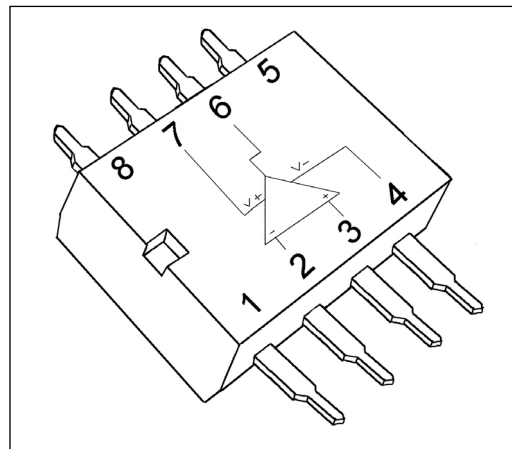


De pennen 1 en 5 kunnen gebruikt worden om de uitgang bij kortgesloten ingangen precies op nul te zetten. We zullen daar geen gebruik van maken. Pen 8 is intern niet aangesloten.

Dit moet je in je hoofd prenten

De 741 wordt zo vaak toegepast in de elektronica dat iedere elektronicus onderstaande figuur in zijn of haar hoofd moet prenten. De aansluitgegevens van de 741 moeten als het ware net zo bekend zijn als de geboortedatum van je vriendin of vriend!

Een handig prentje waarmee je de aansluitgegevens van de 741 gemakkelijk kunt onthouden



Waarom zo universeel?

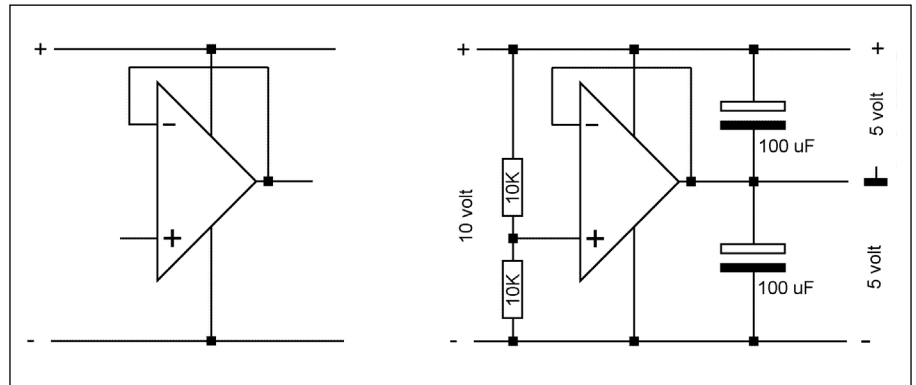
Stel je voor, in dit minuscule bouwblockje zijn 20 transistoren geïntegreerd met 11 weerstanden en een condensatortje. Versterkers zijn er om te versterken. Maar dit boek heeft als een van de doelstellingen te laten zien dat je bepaalde effecten in meerdere technieken kunt bereiken. Maar, om de 741 recht te doen zullen we ook enkele echte versterkertoepassingen bekijken. Maar eerst lossen we het voedingsprobleem op. Dat laten we de 741 mooi zelf opknappen.

De voeding van de 741

Twee voedingen uit één spanning

Aan de linkerzijde zien we een van de basisschakelingen voor op-amp's. Door de min ingang met de uitgang te verbinden ontstaat een spanningsvolger. Dat wil zeggen dat de uitgang de spanning op de plus ingang volgt.

Via een handig trucje kunnen we een op-amp voeden uit onze standaard voeding

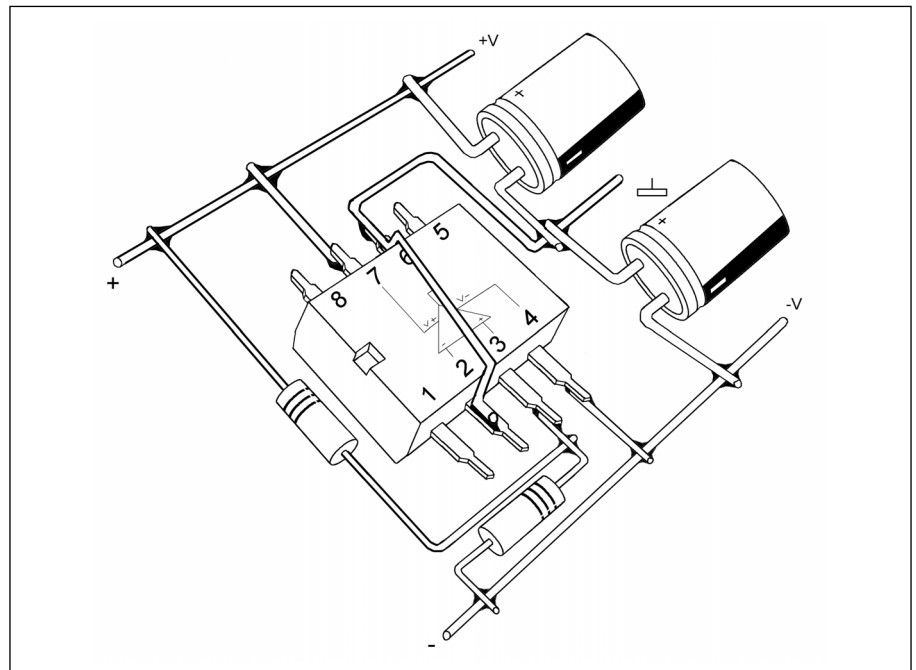


Als we op de plus ingang 3 volt ten opzichte van de massalijn zetten, staat er op de uitgang ook 3 volt ten opzichte van de massalijn. Rechts hebben we daar handig gebruik van gemaakt. Door op de plus ingang precies de helft te zetten van de voedingsspanning uit de dikke stekker, komt de uitgang van de op-amp ook op dat niveau te liggen. Als we die halve spanning definiëren als nieuw nulpunt, zien we dat we ten opzichte van die nieuwe nul een positieve en een negatieve voedingsspanning tot onze beschikking hebben. Weliswaar zijn die twee spanningen in absolute waarde maar de helft van wat we oorspronkelijk hadden, maar dat is geen probleem. Op-ampjes werken uitstekend met + en -5 volt. Als de dikke stekker een andere voedingsspanning afgeeft is dat ook geen probleem. Het principe blijft gelijk. Zo'n schakeling om uit één spanning twee "halve" spanningen te maken noemen we een "voedingssplitser".

De voeding als takkenbos

Om het spits af te bijten bouwen we de voeding als takkenbos in op-amp technologie.

De voeding voor onze op-amp experimenten als takkenbos, deze voeding gaan we bij alle schema's gebruiken

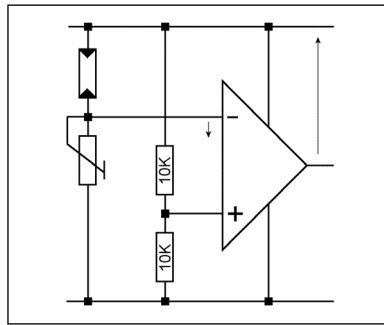


Dat is een aardig compacte schakeling geworden. Je zou er zelfs over kunnen denken er enkele extra te bouwen om straks te combineren met de eigenlijke op-amp schakelingen.

Een alternatieve voeding

Nu kun je bij het ontwerp van op-amp schakelingen de massafunctie soms omzeilen, door precies dezelfde weerstandsdeler te gebruiken in de schakeling zélf. Een voorbeeld.

Soms kunnen we de op-amp voeden zonder gebruik te maken van de voedingssplitser



In schakelingen waar de plus en de min ingang op hetzelfde spanningsniveau liggen, ziet de versterker geen verschilsignaal. De uitgang ligt dan ook op dat niveau. De plus ingang wordt hier door de twee tien kilo ohm weerstanden vastgelegd op de halve voedingsspanning. Aan de min ingang hangt de inmiddels welbekende deler met een instelpot en een LDR. Als de LDR licht ziet, wordt de weerstand lager. De min ingang komt hierdoor boven de halve voedingsspanning te liggen. De versterker zal het verschil versterken en de spanning op de uitgang gaat omlaag. In de praktijk zal hij onmiddellijk doorschieten naar vrijwel massa. De versterkingsfactor van een op-amp is zowat oneindig als je er verder niets aan doet. Nu even omgekeerd. Het licht valt weg, de LDR neemt een hoge weerstand aan, de spanning op de min ingang daalt. De spanning op de uitgang stijgt vrijwel naar de voedingsspanning. Door de grote versterking is de schakeling zeer gevoelig op het omslagpunt. Hysteresis is absoluut niet aanwezig. Een uitstekende basis dus voor heel precieze temperatuurbewakingen, lichtsluizen enzovoort.

Kortsluitbeveiligde uitgang

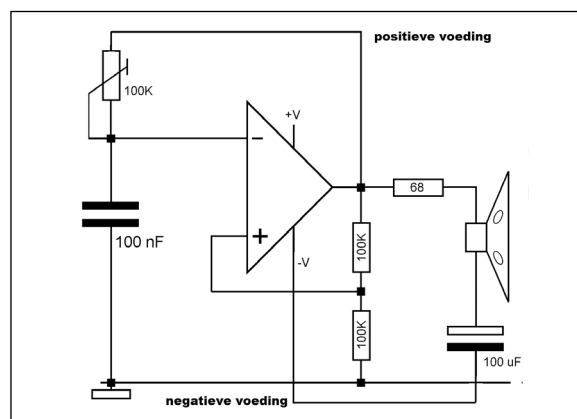
De 741 heeft een groot voordeel ingebouwd. De uitgang is beveiligd tegen kortsluiting. Hij is vrijwel niet stuk te krijgen. Hij heeft ook een nadeel. De uitgang levert slechts enkele tientallen milliampères.

De eerste op-amp schakeling

Een toongenerator

Het maken van een toongenerator rond de 741 is een fluitje van een cent. Eerst het schema.

Het schema van een toongenerator met een op-amp



De voedingsaansluitingen tekenen we over het algemeen niet, tenzij echt nodig, zoals hier met de luidsprekeraansluiting die met de negatieve spanning verbonden is. De massaleiding in het schema is de kunstmatige nul en alle spanningen worden ten opzichte van deze massa uitgedrukt. We zien hier een simpele luidsprekertrap toegevoegd waarvoor hetzelfde geldt als in vorige hoofdstukken. Let bij lage weerstandswaarden, zoals de seriële weerstand voor de speaker, altijd

op het vermogen dat zo'n weerstand te verwerken krijgt. Denk aan de truc met de drie parallelweerstand. De weerstand in dit circuit zou minimaal enkele honderden ohms mogen zijn. Door de kortsluitbeveiliging durven we iets lager. De helft van de uitgangsspanning wordt teruggevoerd naar de plus ingang, terwijl de min ingang aan een RC-netwerkje hangt, dat ook weer aangestuurd wordt vanuit de uitgang.

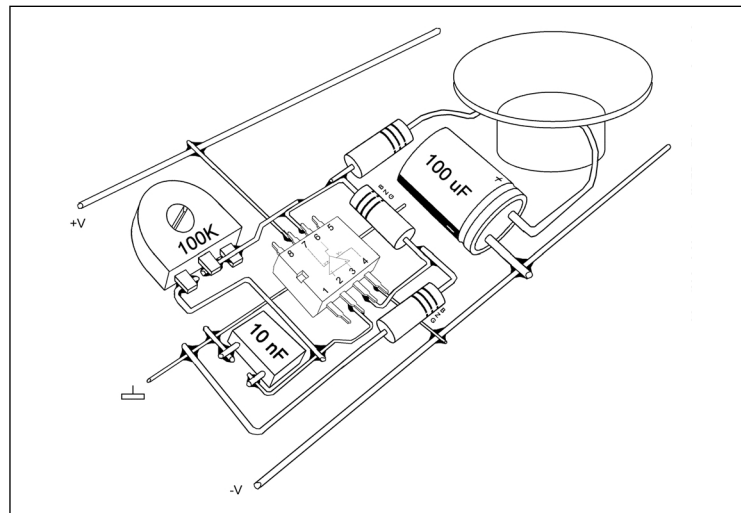
Terugkoppeling

Als je wel eens met een microfoon en een geluidsinstallatie hebt gespeeld ken je misschien het verschijnsel "rondzingen". De microfoon pikt het luidsprekersignaal op, de versterker versterkt dat, de microfoon hoort daardoor nog meer signaal dat weer door de versterker versterkt wordt, enzovoort. De installatie gaat tekeer als een fluitketel. En dat is nu precies wat de terugkoppeling in deze schakeling doet. Hij gaat rondzingen omdat de ingang de uitgang hoort.

De takkenbos van deze schakeling

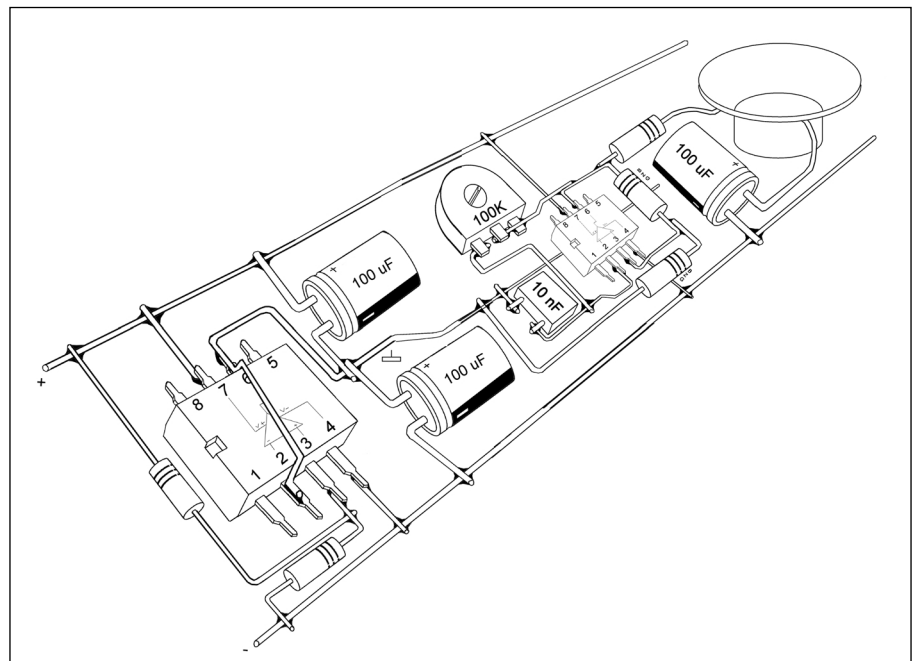
Dit type toongenerator wordt relaxatie oscillator genoemd. We zullen hem eens als takkenbos uitvoeren.

De toongenerator als takkenbos



Simpel schakelingetje! De plus leiding hangt er een beetje gammel bij omdat hij maar op één punt vastzit. Dat verandert als de voeding eraan gehangen wordt.

De toongenerator wordt gevoed uit de voedingstakkenbos



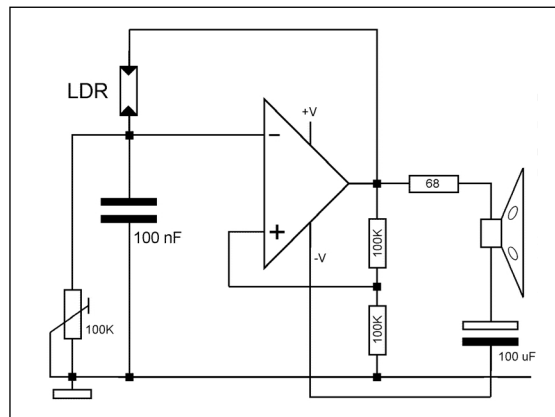
Het instelpotje van 100K kun je uiteraard weer vervangen door een LDR. Je hebt dan weer het handbestuurde lichtorgeltje uit een eerder hoofdstuk. Vele wegen leiden naar Rome.

Méér schakelingen met de op-amp

Theremin

De schakeling is zonder veel moeite om te bouwen naar een oscillator die bij een nauwkeurig in te stellen lichthoeveelheid werkt. De instelpot verhuist parallel aan de condensator en zijn plaats wordt ingenomen door een LDR.

De reeds bekende theremin schakeling, maar nu met een op-amp



De frequentie laat zich weer schatten door de RC-tijd te berekenen. De hysteresis van deze schakeling is vrijwel nul. De allerkleinste lichtvariaties kunnen hem om laten klappen.

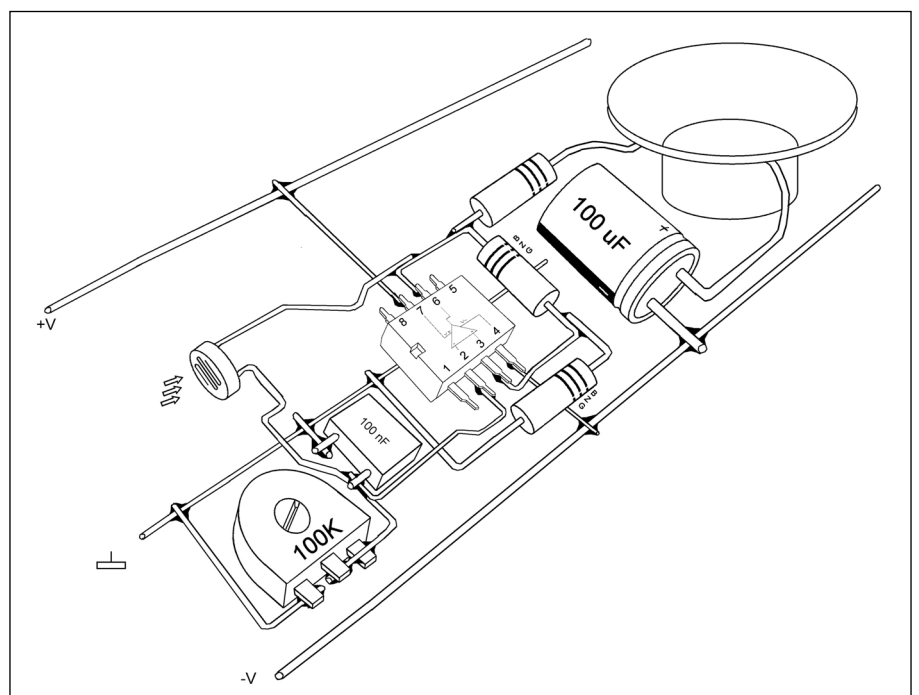
Deze schakeling is een mooi voorbeeld van een gecombineerde astabiele multivib en trigger unit.

Grote kans dat het net lijkt of hij het niet doet. Hij is maar in een klein gebiedje werkzaam. Het best kun je in een niet al te goed verlichte ruimte je hand heen en weer bewegen tussen een lichtbron en de LDR, terwijl je met de andere hand de potmeter langzaam ver stelt.

De takkenbos

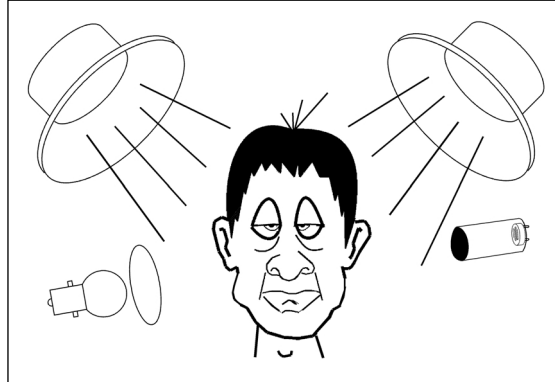
In de onderstaande takkenbos laten we gemakshalve de voeding maar weg.

Ons orgeltje krijgt vorm in deze takkenbos



Elektronische deurbel

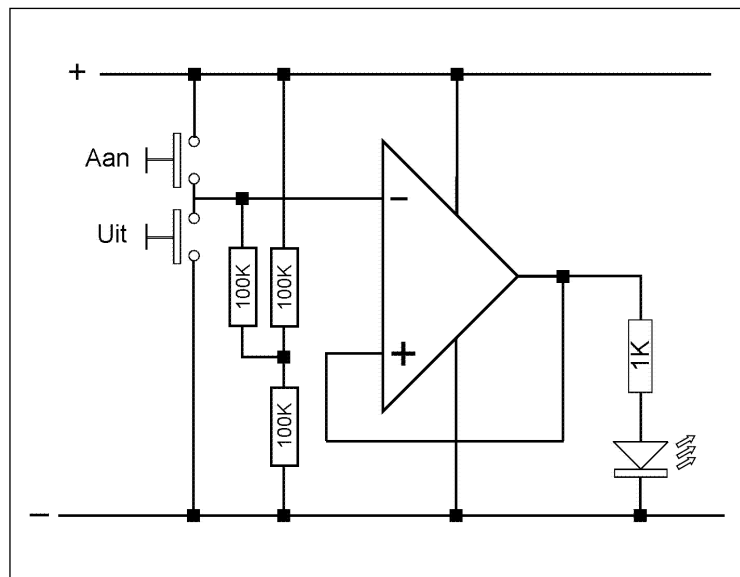
Als we de LDR in een kokertje monteren dat gericht is op een lampje, kun je de schakeling gebruiken als winkelbel. Of je kunt er de deur van je kamer mee beveiligen tegen ongewenste indringers.

Het principe van de elektronische winkelbel

Nu geeft de figuur de indruk dat er behoorlijk wat lawaai uit dit soort schakelingen komt. De schijn bedriegt. Tot nu toe hebben alle toongeneratoren in dit boek het niet verder gebracht dan een bescheiden gepiep. Omdat de 741 een kortsluitvaste uitgang heeft, kan het serie-weerstandje met de luidspreker ook weggelaten worden. Dat scheelt ook weer iets. Maar maak je geen zorgen, voor een wat harder geluid vinden we ook nog wel een oplossing.

De op-amp als flip-flop

Ook bistabiele schakelingen (flip-flop's) zijn te bouwen met een op-amp als bouwsteen. Een schakelingetje met twee drukknoppen laat een LED'je aan en uit schakelen.

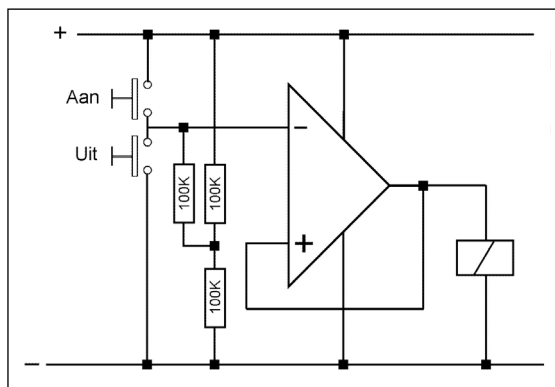
Onze 741 wordt hier gebruikt als flip-flop

Let weer even op de truc met de spanningsdeler. Twee 100K weerstanden maken op hun knooppunt een kunstmatige massa. We hebben de speciale voeding dus niet nodig. Nu zou je zeggen dat de serie-weerstand van de LED zou kunnen vervallen, omdat de uitgang kortsluitvast is en niet meer levert dan pak weg 20 milliampère. We hebben iets dergelijks al eerder bij de hand gehad. Als de weerstand er niet is wordt de uitgang via de diode-overgang van de LED laag gehouden. Dit signaal wordt dan niet doorgegeven aan de niet inverterende ingang. De schakeling werkt dan niet echt goed meer.

Een flip-flop met relais

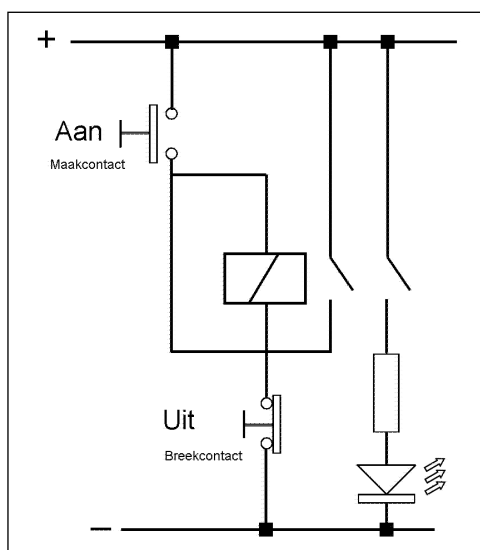
Als we deze schakeling zouden uitvoeren met een relais is hij een beetje onzinnig geworden.

De flip-flop stuurt een relais aan, maar dat is in feite een beetje onzinnig



Het relais zelf kan dezelfde functie uitstekend zélf aan. Eén van de contacten wordt dan als houdcontact gebruikt.

Zo kan het ook, zonder één elektronisch onderdeel



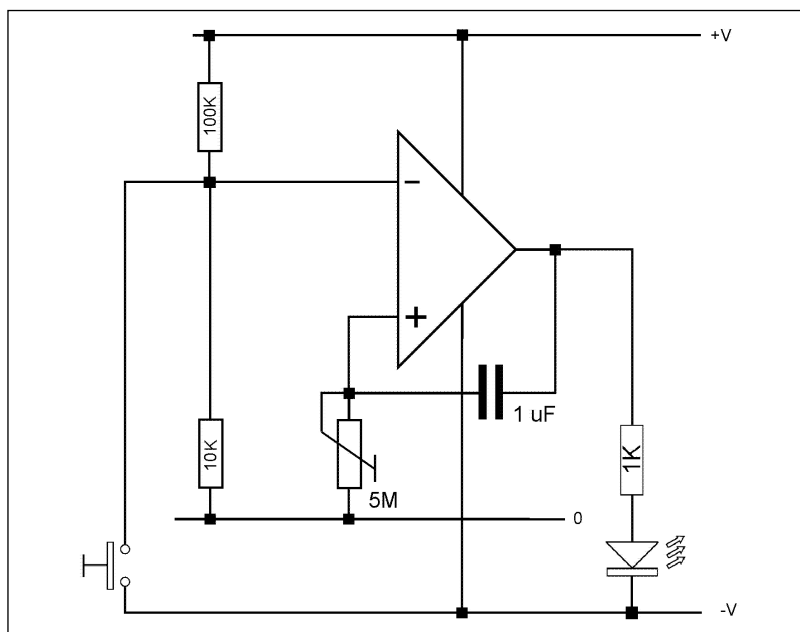
Het hoeft dus niet altijd elektronisch!

Timerschakelingen

Een eenvoudige timer

De 741 leent zich ook uitstekend voor timerschakelingen. We maken weer gebruik van de dubbele voeding en sluiten die aan op +V, -V en 0.

Onze op-amp verkleedt zich hier als timer

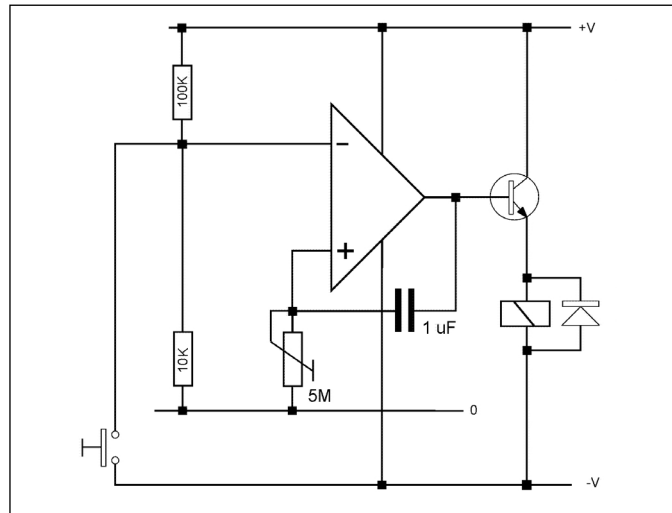


In het schema staat een timing condensator van 1 uF. Let er op dat we hier geen elco gebruiken. Deze condensator “ziet” namelijk spanning in beide richtingen. Als we langere tijden willen schakelen we een aantal condensatoren parallel.

En nu met een relais

Timerschakelingen worden niet zelden in combinatie met een relais toegepast. Nu vraagt een relais al gauw 100 mA stroom. Dat is wat veel voor een 741. Met één buffertransistor helpen we hem op weg.

Tussen de op-amp en het relais wordt een transistor opgenomen

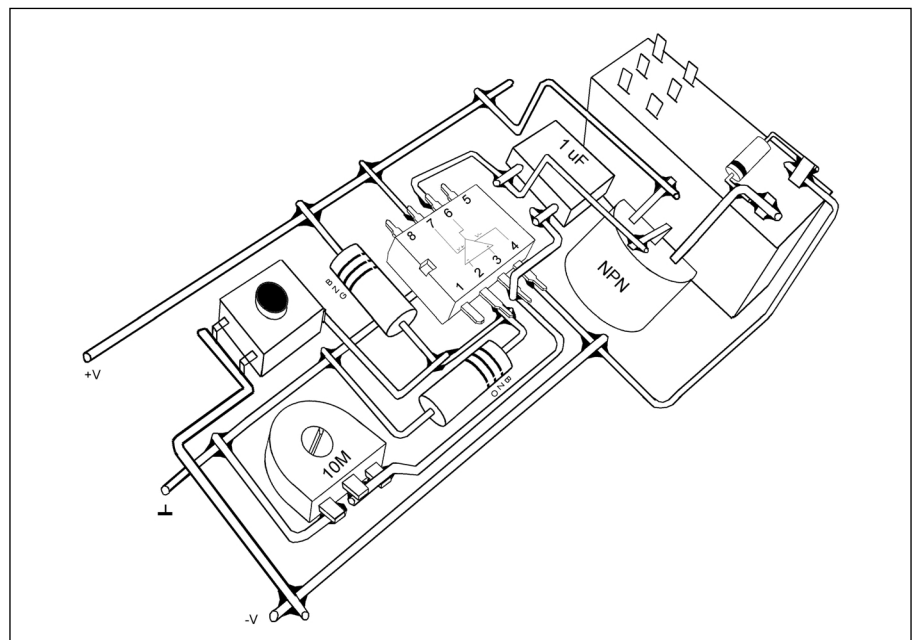


Vergeet de beveiligingsdiode niet!

De timer met relais als takkenbos

Voor deze schakeling zetten we weer even een takkenbos op.

De vorige schakeling als takkenbos



Deze timer laat het relais aanspreken voor de duur van de RC-tijd, nadat de knop is ingedrukt.

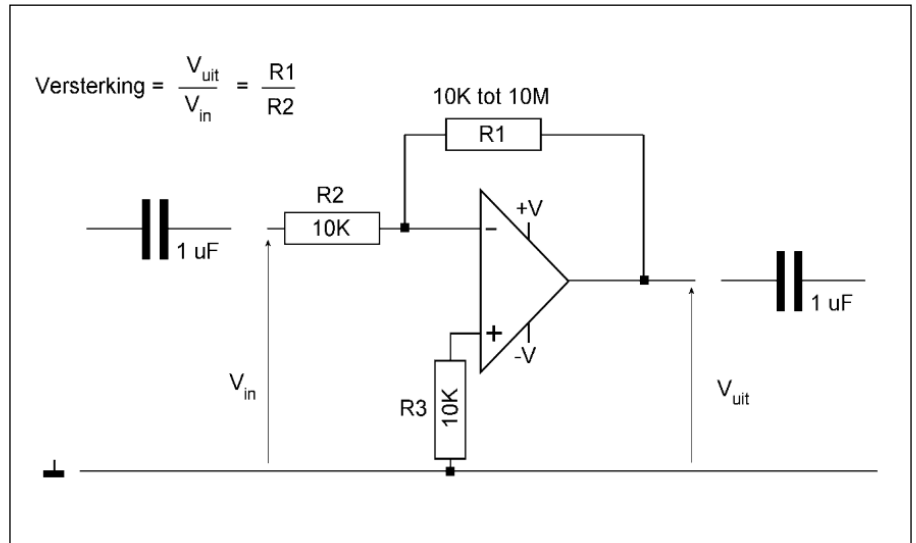
Versterkers

De inverterende versterker

We hadden al opgemerkt dat de 741 een versterker is die we heel breed in kunnen zetten voor het type schakelingen dat we tot nu toe behandeld hebben. Om hem toch wat beter recht te doen, en het echte

karakter van dit IC wat beter te leren kennen, kijken we naar enkele typische versterker toepassingen. De meest eenvoudige versterkervorm is de inverterende gelijkspanningsversterker.

De op-amp écht in zijn element als inverterende versterker



De versterking wordt berekend door de waarde van de terugkoppelweerstand R1 te delen door de waarde van de ingangsweerstand R2. Enkele honderden malen versterken is dan ook geen probleem.

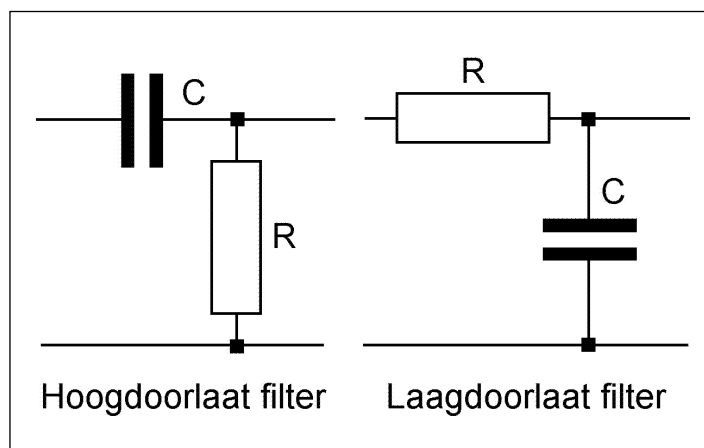
Let op gelijkspanning

Anders wordt het als er een gelijkspanningscomponent op het ingangssignaal aanwezig is. Die wordt immers mee versterkt. Bij een versterking van 100x ($R1 = 1M$), is een gelijkspanningscomponent van 0,1 volt aan de ingang genoeg voor 10 volt aan de uitgang, die daarmee tegen de voeding is vastgelopen. Voor wisselspanningssignalen is het daarom verstandig de gelijkspanningscomponent te blokkeren met een condensator aan de ingang. Om de achterliggende schakelingen te beschermen kunnen we het best ook een condensator aan de uitgang opnemen.

Filteren

In de terugkoppellus kunnen we ook filterelementen aanbrengen. We hebben intussen aardig wat ervaring met RC-tijden.

Twee eenvoudige filtertjes



Hierboven zien we twee heel eenvoudige filtertjes. De eerste laat frequenties door vanaf de frequentie die hoort bij de RC-tijd, de tweede houdt ze juist tegen vanaf die frequentie.

De overgang is niet scherp bij deze eenvoudige filters. Toch zijn ze in de praktijk handig om oscillaties en het brommen van de netspanning te onderdrukken. En dat laatste gaan we doen.

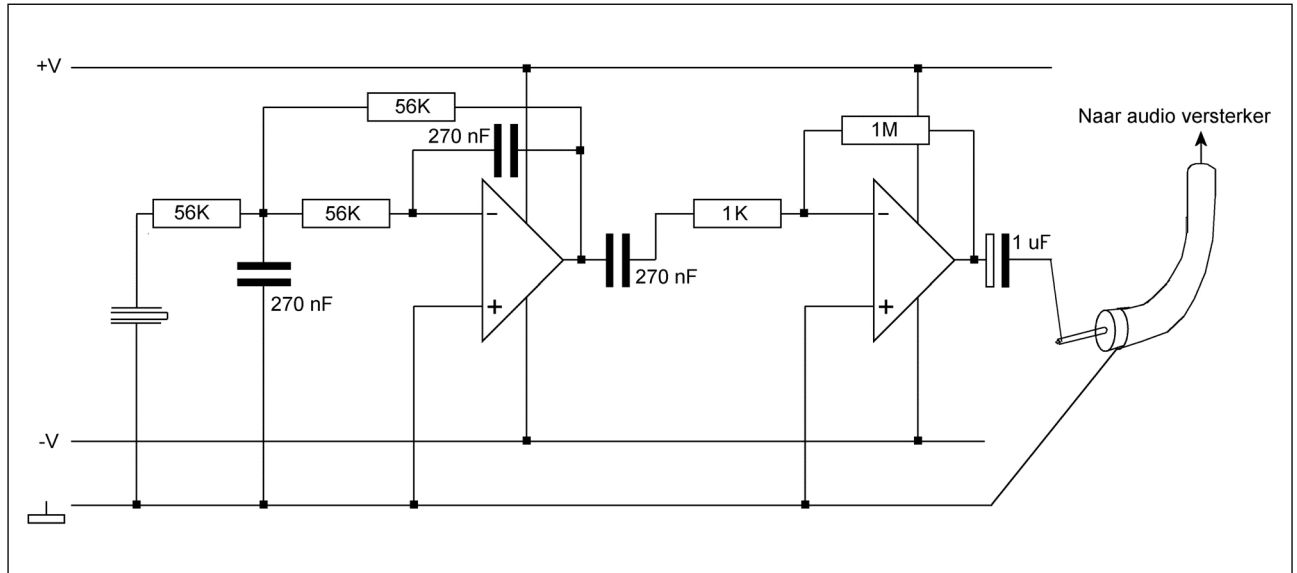
Hartslagmonitor

Inleiding

In dit hoofdstuk bouwen we een hartslagmonitor op basis van een geluidsversterker. Als microfoon gebruiken we een piëzo kristal waarop we een vinger plaatsen. Hierdoor maken we de bloedstuwning in de vingertop hoorbaar. Om ongewenste stoorinvloeden als netbrom te onderdrukken zullen we het geluid enigszins filteren.

Een bromfilter

We bouwen eerst een versterker die selectief de 50 Hz frequentie van de netspanning wegfiltert.



Met twee op-amp's kunnen we de vervelende brom van de netspanning uit het geluid filteren

Lijkt ingewikkeld maar is het niet. De rechter op-amp is een eenvoudige 1000x versterker zoals besproken. Eigenlijk zou je hier een TL71 (hoog ohmige versterker in zelfde behuizing) willen gebruiken in plaats van de 741. De linker op-amp heeft een filterschakeling in het terugkoppelcircuit dat een hekel heeft aan de 50 Hz netfrequentie. Die wordt bijzonder effectief onderdrukt.

Piëzo ceramische geluidsomvormer

Aan de ingang van deze filterschakeling zien we een piëzo element (piëzo ceramische geluidsomvormer) dat we voor ongeveer 60 Eurocent in de elektronikashop halen. Het is een klein schijfje zonder behuizing en elektronica. Deze gebruiken we als "microfoon" voor onze hartslag.

Zo ziet de piëzo ceramische geluidsomvormer er uit die we voor dit experiment nodig hebben

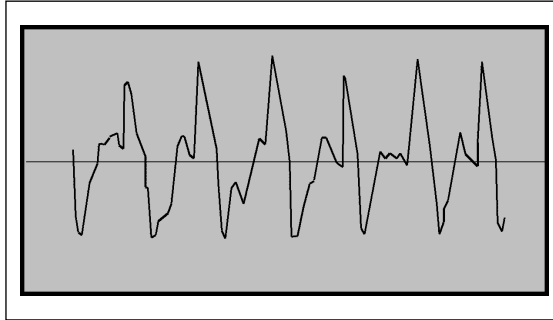


Als er een spanning opgezet wordt verandert de dikte. Op die manier wordt hij in buzzers gebruikt als luidspreker. Omgekeerd, als je er op duwt, geeft hij een spanning af. En zo gebruiken wij hem. We solderen er zelf voorzichtig twee draadjes aan, plakken aan de achterzijde wat schuimtape en de metaalzijde voorzien we van plakband zodat het geheel geïsoleerd is.

Bij de gegeven onderdelenkeuze geeft de schakeling direct achter de op-amp een signaal van ongeveer 50 millivolt. Een oscilloscoop laat

zien hoe het signaal er, na filtering en versterking, ongeveer uit ziet.

Het uitgangssignaal van de filterschakeling



Hartslag monitor

Het is op zich geen gek idee het signaal achter de 1 uF condensator rechtstreeks met een afgeschermd kabeltje (afscherming aan de nul) naar de ingang van een geluidsversterker te voeren.

Leg nu de piëzo opnemer op tafel en druk hem met een vinger lichtjes aan. Door de speaker van de geluidsinstallatie klinkt nu je hartslag. En gerommel als je lichaam beweegt.

Zélf aan de slag

En nu verwacht je de tekening van de takkenbos. Mooi niet. Bij een schakeling met zoveel onderdelen blijft het bouwen van de takkenbos volgens het voedingsrail systeem relatief eenvoudig. Het maken van een tekening is een orde moeilijker.

De schakeling op zich is betrouwbaar, maar door de mogelijke invloed van bromstoring en de hoge toegepaste versterking, kan de bedrading invloed hebben. Inbouw in een metalen kastje helpt ook.

11 Takke herrie

HELIOS

Herrie En Lawaai Is Ons Streven

De eerste opzet van dit boek is niet het produceren van zoveel mogelijk lawaai. Maar, toegegeven, het produceren van “Helios” is af en toe bést leuk. Nu we een aantal geluidsgeneratoren in verschillende technologieën gebouwd hebben (en nog gaan bouwen), zou het toch aardig zijn als we het bewijs dat een schakeling het doet, op een waardig volume aan de wereld kunnen meedelen.

Enkeltraps transistor uitgang

Een typische uitgang voor de schakelingen tot nu toe bestaat uit één enkele transistor. Een normale NPN kan zo'n 100 milliampère aan stroom leveren. Dat betekent dat bij 10 volt spanning de weerstand van speaker en eventuele voorschakel weerstand samen 100 ohm moet zijn. Een 555 kan 200 milliampère leveren en mag dus belast worden met 50 ohm. Dit sluit overigens heel goed aan bij de gespecificeerde dikke steker, die deze stroom goed aan kan.

Acht ohm luidsprekers

Omdat luidsprekers meestal acht ohm zijn wordt in de seriële weerstand de meeste energie in warmte omgezet. We willen dan ook van de seriële weerstand af. Bij 10 volt loopt door een weerstand van 8 ohm een stroom van:

$$I = V/R = 10/8 = 1,25 \text{ ampère}$$

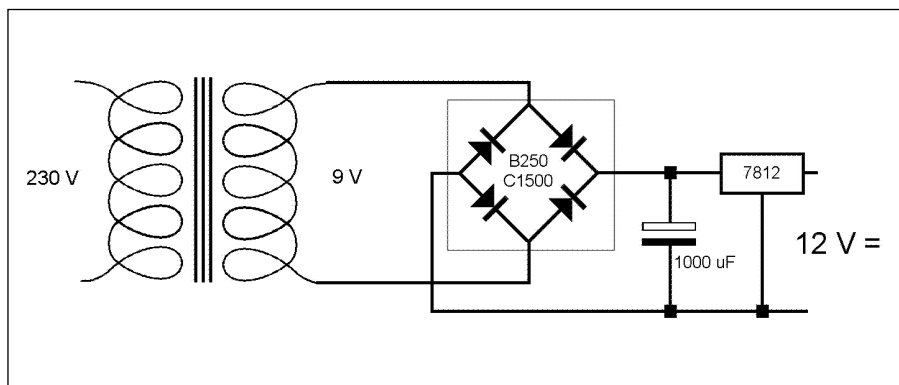
Hierbij horen transistoren als de BD137 (NPN) en de BD138 (PNP) die tot 2 ampère kunnen leveren. Maar we hebben dan óók een voeding nodig die iets meer kan leveren.

Een échte netvoeding

Het schema

De levensgevaarlijke netspanning van 230 V wordt door middel van een zogenoemde transformator omgezet in een ongevaarlijke spanning van ongeveer 9 volt. De gelijkrichter B250C1500 (een brugcel) moet geschikt zijn voor de stroom die de transformator kan leveren. De uitgangsspanning is ongeveer 1,4 maal de secundaire trafospanning van 9 V.

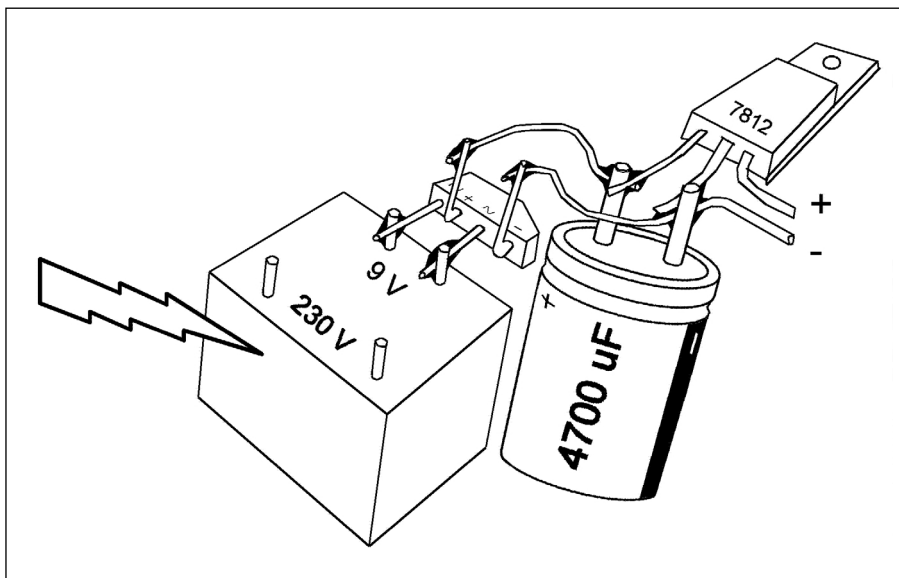
Het schema van een eenvoudige op het 230 V net aangesloten voeding



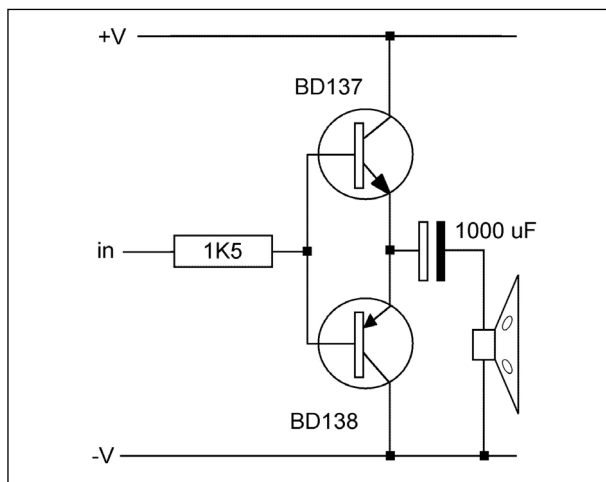
Een transformator geeft onbelast een hogere spanning af. Een eenvoudige spanningsregelaar (7812) kan dan ook geen kwaad. Een trafo voor 800 milliampère (of $0,8 \times 9 = 7,2$ watt) en een brugcel van 1.500 milliampère vormen een goede combinatie. Let erop dat de werkspanning van de elco van 1.000 uF in ieder geval 16 volt moet zijn. Indien gewenst kan de spanning gestabiliseerd worden met een driepoot regelaar. In dit geval in de 12 volt uitvoering (7812).

De takkenbos van de voeding

Bij het zélf bouwen van een op de 230 V netspanning aangesloten voeding zal het duidelijk zijn dat er met levensgevaarlijke spanningen gewerkt wordt. Dat stelt eisen aan bekabeling, behuizing en isolatie. Maar als we ons houden aan onderstaande tekening kan er in feite niets mis gaan.

De takkenbos opstelling van onze netvoeding**De eindtrap****Zwaardere transistoren voor meer herrie**

Omdat we bij de behandelde toongeneratoren niet met sinusvormige signalen te maken hebben, maar met blokgolven, zijn de aan een krachtig eindtrapje te stellen eisen niet buitensporig.

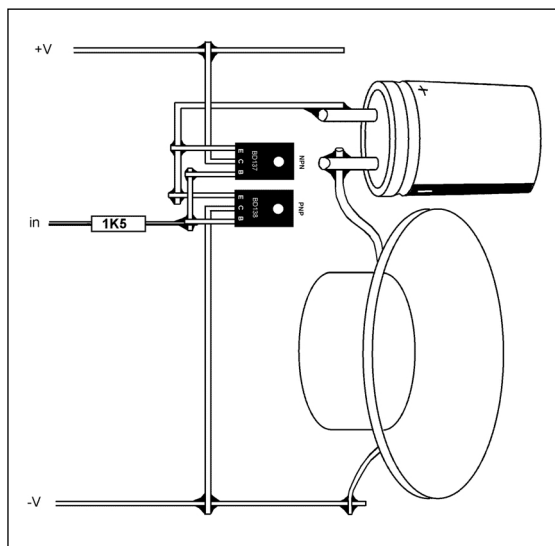
Het eerste schema van een krachtig eindversterkertje

Een transistor heeft, voor hij gaat geleiden, een bepaalde spanning nodig tussen basis en emitter. Dat betekent dat de onderste (NPN) transistor aan de basis ongeveer 0,2 volt verschil moet "zien" ten opzichte van de emitter (de plusaansluiting van de elco) voordat er collectorstroom gaat lopen. De bovenste heeft precies dezelfde voorwaarde. Er is dus een gebied van 0,4 volt rond de nul waarbij geen van de twee transistoren actief is. Om deze reden kunnen ze nooit beide in geleiding zijn. Dat komt mooi uit, want dat zou een regelrechte kortsluiting van de voeding betekenen (en het einde van twee transistoren).

De takkenbos

Deze eindtrap kan op de volgende manier in elkaar worden gesoldeerd.

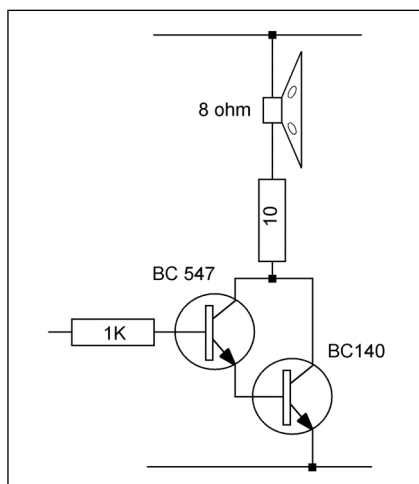
De takkenbos van deze eerste eindtrap



Darlington eindtrap

Een ander versterker systeem is ook een optie. Deze combinatie van twee transistoren wordt "Darlington" genoemd.

Het schema van een Darlington eindtrap

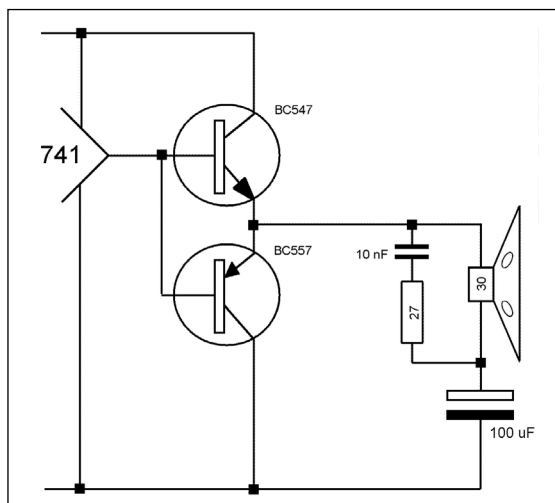


De BC140 is geschikt voor 1.000 milliampère.

Eindtrap achter onze 741

Voor een niet al te uitbundig geluid, maar met standaard transistoren, kan de onderstaande schakeling bijvoorbeeld rechtstreeks aan de uitgang van een 741 geschakeld worden. In dit geval is over de luidspreker een filtertje aangebracht.

Een niet al te uitbundige eindtrap achter onze 741 op-amp



Koeling

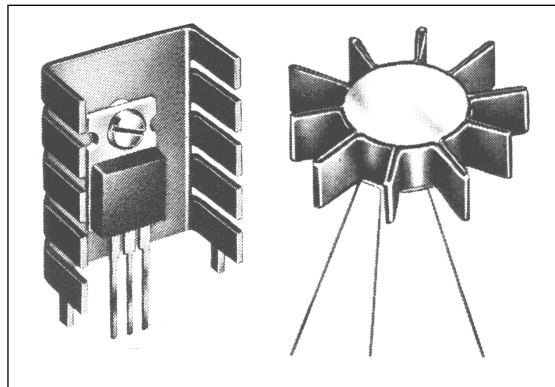
Een en ander loopt nogal warm

Er lopen behoorlijk grote stromen door de transistoren in de schema's die in dit hoofdstuk zijn beschreven. Dat betekent dat er heel wat vermogen in die torren wordt opgewekt. Vermogen dat als gevolg heeft dat die arme onderdelen behoorlijk heet worden. Zó heet dat zonder maatregelen het gezonde verdere leven niet kan worden gegarandeerd.

Koelprofieltjes voor onze transistoren

Maar ook voor dit probleem bestaan goedkope oplossingen: koelprofielen. Koelprofielen zijn uit aluminium gemaakte en zwart geschilderde "radiatoren" die we op de transistoren monteren en die zorgen voor de afvoer van die warmte. Voor ieder soort transistor bestaat een specifiek koelprofiel. In onderstaande figuur zijn een paar bruikbare koelprofielen geschetst.

Met deze koelprofielen zorgen wij voor de noodzakelijke koeling van onze dure eindtransistoren



Bevestiging

Het linker koelprofiel kunnen we met een M3x10 boutje en een M3 moertje bevestigen op een BD137 of BD138. Het rechter profiel past muurvast over de ronde behuizing van de BC-transistoren

Een goede raad

Als je dus in de winkel bijvoorbeeld een BD138 koopt doe je er verstandig aan een passend koelprofiel te vragen.

12 Logisch denken

Digitale schakelingen

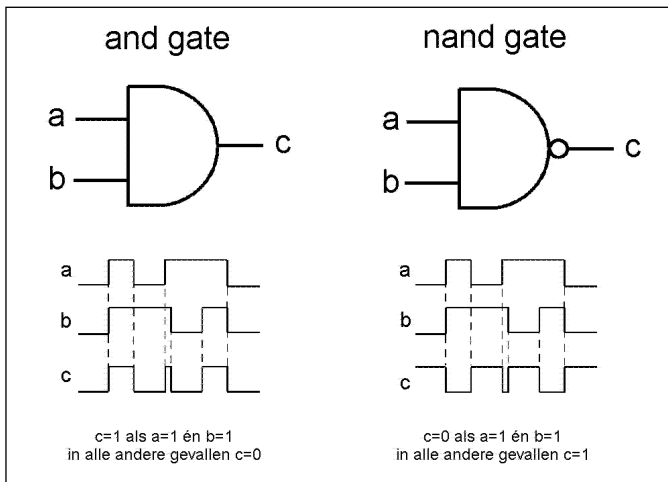
Er is meer onder de zon

Naast losse transistoren, de op-amp's en de gespecialiseerde IC's als de 555, bestaat nog een andere familie ongelofelijk interessante bouwstenen. Bouwstenen die maar twee toestanden herkennen, iets is waar (een positieve spanning) of iets is niet waar (een nul). Dat zijn de logische IC's of, vanwege de twee mogelijke toestanden, digitale schakelingen.

Poorten

De eenvoudigste digitale schakelingen zijn de poorten.

Twee poorten uit het assortiment, de AND en de NAND



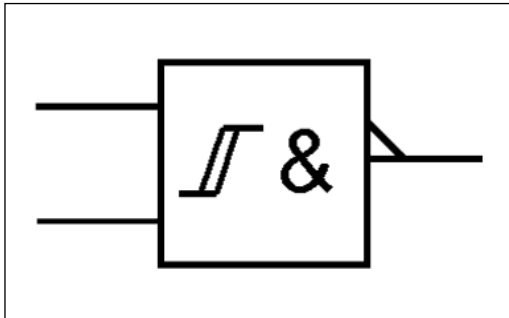
Een poortschakeling als de AND of NAND heeft een vastgelegd gedrag. Hoewel niet helemaal waar, kunnen we stellen dat de één de voedingsspanning voorstelt en de nul de massa.

We bekijken hier de NAND-poort of -gate, rechts in de figuur, die we in dit hoofdstuk zullen toepassen. Als beide ingangen hoog zijn (1), is de uitgang laag (0). In alle andere gevallen is de uitgang hoog (1). Dus ook als a hoog (1) is en b laag (0) of omgekeerd, of als zowel a als b laag (0) zijn.

Nieuwe symbolen

De hier gebruikte symbolen zijn eigenlijk niet meer geldig. Omdat er zoveel functies bijgekomen zijn is er een geheel nieuwe notatiemethode ontwikkeld. Een NAND-gate met triggerfunctie (dat komt nog) heeft tegenwoordig een veel mannelijker uiterlijk.

Het moderne symbool voor een NAND-poort met triggerfunctie



Uit puur nostalgische overwegingen laten we het nog even bij de oude notatie, hoewel we beseffen dat de huidige manier van optekenen veel duidelijker is.

Families

Er bestaan diverse families digitale bouwstenen. Wij beperken ons tot de CMOS-serie 4000. Goedkoop en niet kritisch ten aanzien van voedingsspanning en stoorpulsen.

Een IC met vier AND-gates is de 4081 terwijl vier NAND-gates te vinden zijn in de 4011.

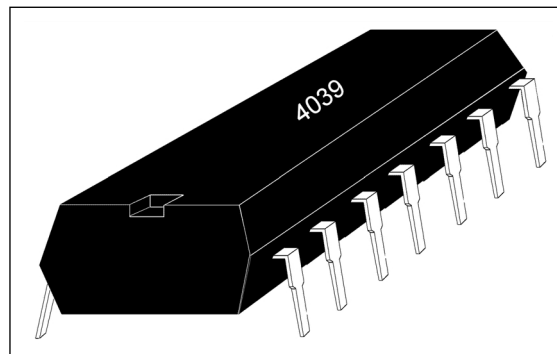
Andere digitale functies

Naast poortschakelingen zijn er talloze digitale functies in IC-vorm te krijgen. Daar gaan we in de laatste hoofdstukken dit boek een klein beetje op in. Er bestaat één bijzondere poortschakeling waar we zeker nader kennis mee willen maken. Dat is de 4093.

De 4093 viervoudige NAND

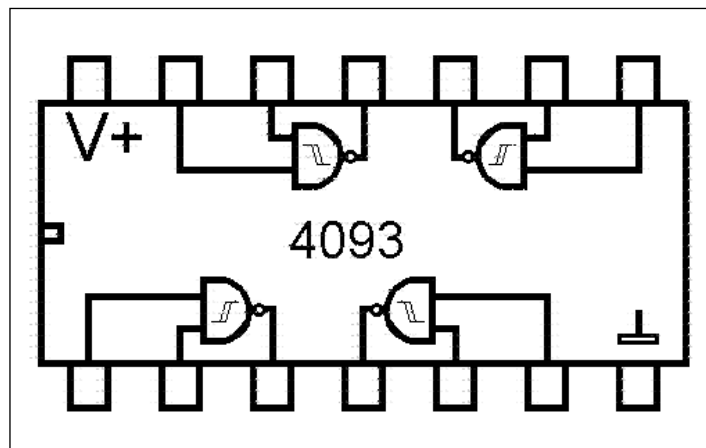
Achtpoters konden we nog wel in een takkenbos verwerken. Maar dit is een veertienpoter! Bovendien mag je niet rechtstreeks aan de pootjes solderen omdat hij gevoelig is voor statische ladingen.

De 4093 zit in een soortgelijke behuizing als de 555 en de 741, maar heeft 14 pootjes



We hebben met de voorafgaande projecten al een flinke hoeveelheid ervaring opgebouwd en je zult zien dat het maken van takkenbossen met grotere IC's erg meevalt. Dus gaan we ermee aan de slag, nog steeds zonder print, maar wel met een IC-voetje waar het IC ingedrukt kan worden.

De 4093 bevat vier poortjes in een overzichtelijke rangschikking.

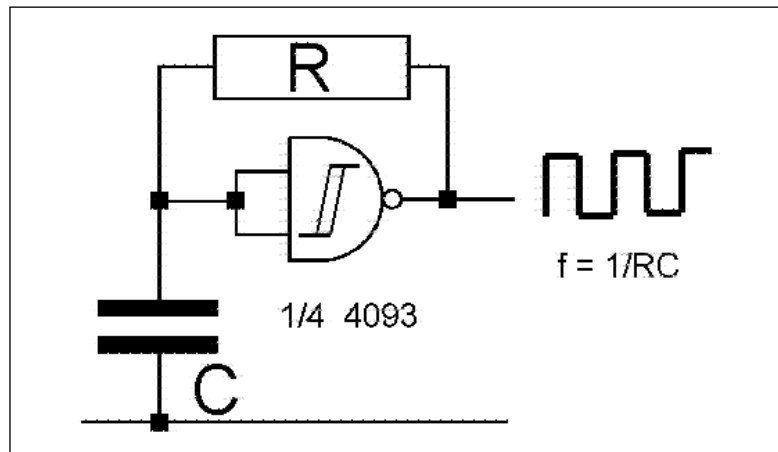
Het intern schema van de 4093

Een normale poortingang heeft een scherpe overgang. Daardoor kan bij langzaam toe- of afnemende signalen waarop enige storing staat de uitgang klapperen. Om de poorten geschikt te maken is deze speciale uitvoering voorzien van Smittriggers met een zekere hysteresis voor langzaam af- of toenemende spanningen. Dat zien we in de tekening aan het hysteresis symbool in de poort.

Schakelingen met de 4093**Astabiele multivib**

Met slechts één poortje, een weerstand en een condensator bouw je een astabiele multivib op.

Met één poort uit de 4093 en twee extra onderdelen hebben we al een astabiele multivib

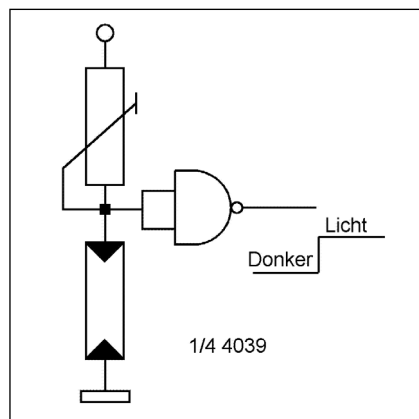


Bij CMOS IC's dienen de niet gebruikte ingangen aan massa of voeding gelegd te worden. Bij voorkeur aan de plus hoewel dat soms lastig uitkomt.

Lichtgevoelige trigger

Dit is een tweede voorbeeld, een lichtgevoelige Schmitttrigger. De LDR mag ook aan de bovenkant. Dan is de uitgang laag in het licht en hoog in het donker.

Al even eenvoudig is deze lichtgevoelige schakelaar met één 4039-poort

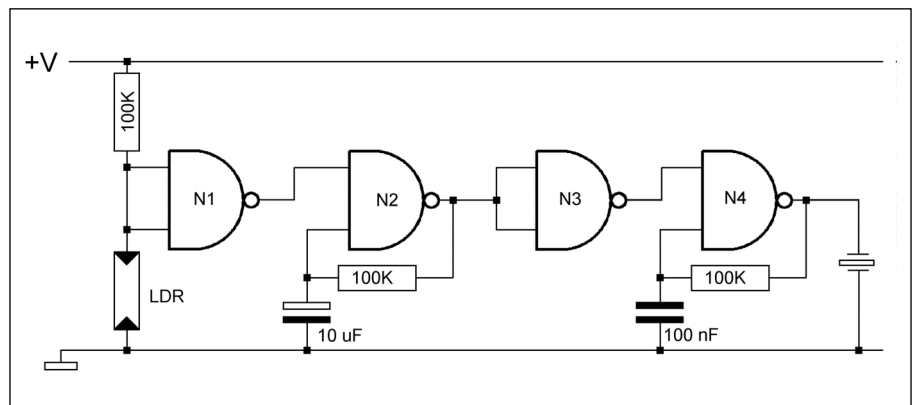


Met een NTC weerstand kan hetzelfde gedaan worden.

Lichtgevoelige sirene

N2 is een astabiele multivib met een lage frequentie, terwijl N4 dezelfde functie heeft bij een hogere frequentie. Poortje N1, de Schmitttrigger van hierboven, zorgt er voor dat het geheel alleen overdag werkt.

Met vier poortjes maken wij een sirene die alleen maar overdag kan werken



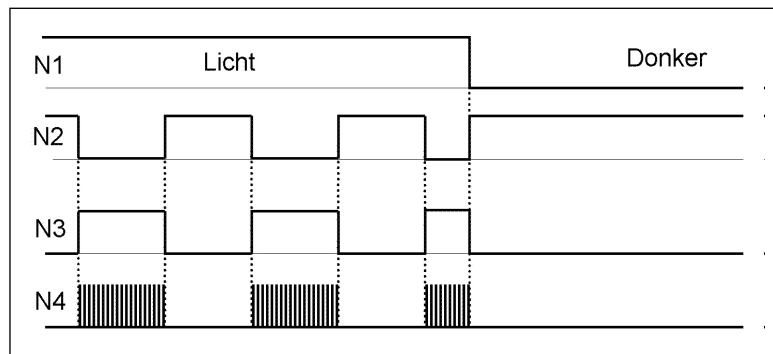
Het poortje N3 wordt als inverter gebruikt om ervoor te zorgen dat N3 afslaat als N2 hoog is. N2 is immers hoog als N1 laag is en dat is bij afwezigheid van licht het geval. CMOS-poortjes leveren heel weinig

stroom. Voldoende echter om een piëzo buzzer (zonder ingebouwde elektronica!) overtuigend aan de praat te krijgen. Je kunt naar voorkeur één of meerdere 100K weerstandjes vervangen door een instelpot. De bijbehorende RC-tijden kunnen we afschatten aan de hand van de RC-tijd.

Logische diagrammen

We hebben in een van de vorige hoofdstukken als met tijddiagrammen gewerkt. In de digitale elektronica wordt de werking van een schakeling vrijwel steeds toegelicht aan de hand van een logisch diagram. Dat is in feite hetzelfde als een tijddiagram, het geeft het verloop van de spanning op een bepaald punt in functie van de tijd. Alleen kan die spanning nu natuurlijk alleen laag of hoog zijn. Het is dus niet noodzakelijk een in spanning geijkte verticale as te tekenen. Bovendien worden meestal diverse spanningen boven elkaar getekend, zodat we de onderlinge samenhang van de spanningen goed in de gaten kunnen houden.

Het logisch diagram van het laatste schema



We zien hier de spanningen N1, N2, N3 en N4 getekend in functie van de tijd. Uiteraard worden hiermee de vier uitgangsspanningen van de vier poorten bedoeld.

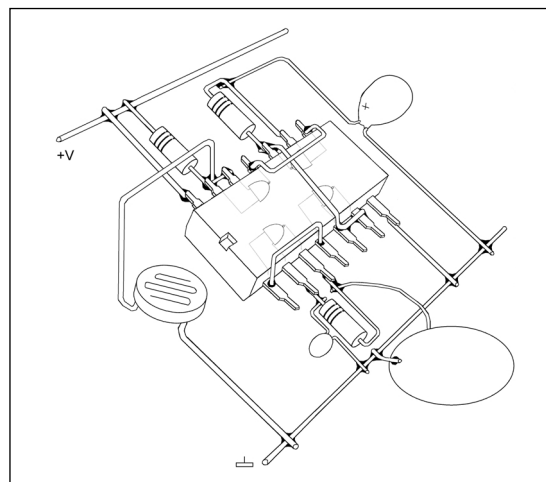
De voeding en de massa

Hoewel in bovenstaande schema's niet zichtbaar, heeft het IC zelf ook nog een plus en min voedingsaansluiting. In tegenstelling tot het gebruik bij op-amp's laten we in logische schema's de voedingsaansluitingen op de poortjes weg.

De 4093 als takkenbos

Het lijkt een heel gepruts dit schema in een takkenbos te verwerken. Nou, dat is het ook. Met een beetje geduld ziet het er **ZEKER NIET ZO** uit.

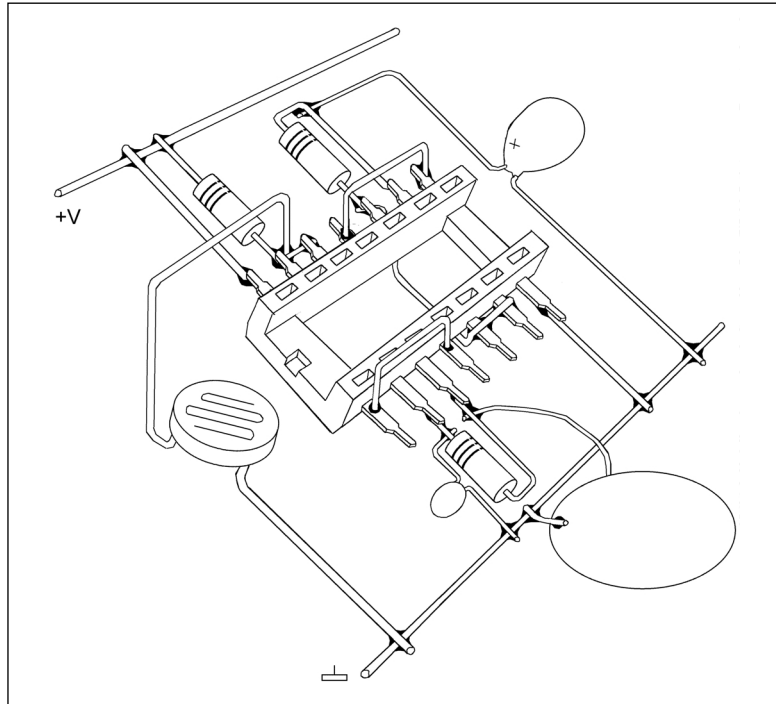
Zo mag het absoluut niet!



Grote kans dat het IC dit niet overleeft. Overal waar in dit boek een CMOS IC uit de 4000 serie in een takkenbos wordt gebruikt, moet je in

plaats van dat IC een IC-voetje in de schakeling solderen. Pas als de bedrading gecontroleerd is wordt het IC in de voet gedrukt en pas dan gaat de spanning er op.

***Zo moet het wél,
solderen aan een
IC-voetje en pas dan het
IC in het voetje***

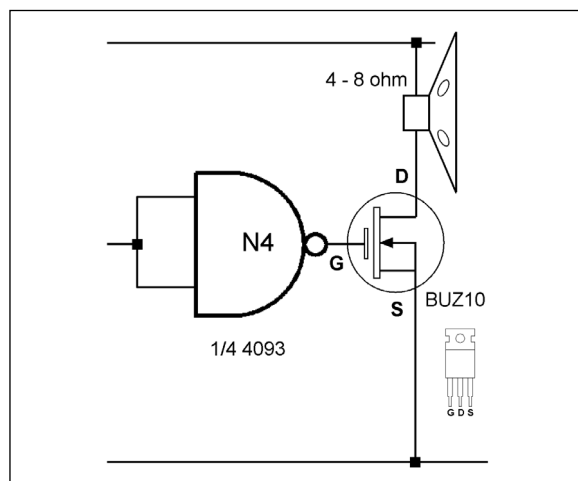


Eén van de draden is onder de IC voet doorgehaald en een draadbrugje is rechtop gebogen om het plaatsen van het IC mogelijk te maken. Door het spanningsrail systeem valt de bouw eigenlijk best wel mee. Toch wonderlijk dat je met digitale elektronica met vier poortjes zowel een Schmitttrigger, een knipper en een toongenerator in één IC kunt combineren.

**Een eindtrap voor
onze 4093**

Hoewel CMOS IC's niet veel stroom kunnen leveren is er een uitstekende manier bekend om er toch enorm veel lawaai mee te ontketen.

***Met een speciale
transistor kunnen we
aan de uitgang van een
CMOS-poort toch heel
wat vermogen
ontlokken***



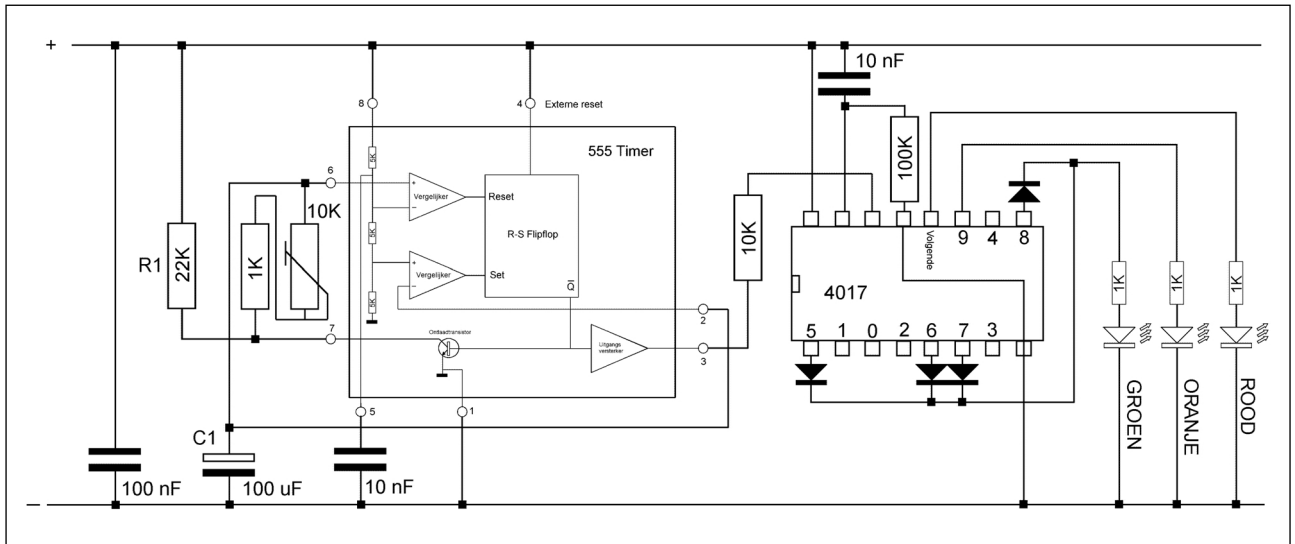
Een MOSFET is geschikt voor directe aansturing uit een logisch CMOS IC. Hij heeft een interne kortsluitbeveiliging en kan zonder enig probleem een acht ohm luidspreker aansturen zonder serieweerstand. Let wel dat er dan 1,25 ampère door het uitgangscircuit loopt die door de voeding geleverd moet kunnen worden. Een geschikte MOSFET is de BUZ10. En wat kost zoiets? Nog geen 2 Euro!

13 Hollands verkeerslicht

Een ingewikkelde digitale schakeling

Verkeerslicht

In het buitenland werken verkeerslichten vaak anders dan in Nederland. Oranje wordt dan samen met rood gebruikt om te laten weten dat het groene licht eraan komt. Een Nederlands verkeerslicht kunnen we op onderstaande manier elektronisch besturen.



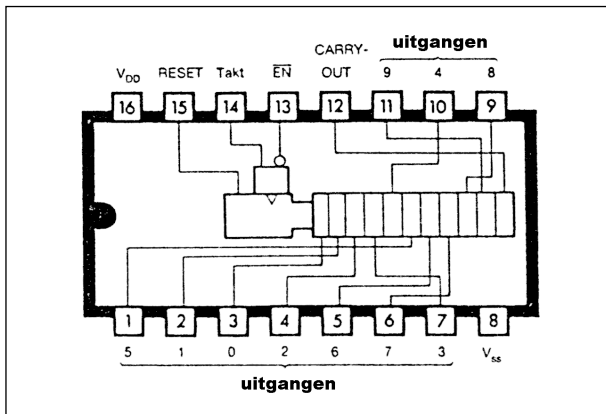
Het schema voor het besturen van een Hollands verkeerslicht

De 555 geeft op gezette tijden een puls af. Hoe langzamer de frequentie, hoe langer we moeten wachten. Het zal duidelijk zijn dat alle pulsgevende schakelingen uit de vorige hoofdstukken als pulsgever ingezet kunnen worden als vervanger van de 555 schakeling. Zowel astabielen met twee transistoren als die opgebouwd met een poortje zijn uitstekend bruikbaar.

De tienteller 4017

De uitgangspuls gaat via een weerstandje van 10K naar een wel heel bijzonder onderdeel. De 4017 is een tienteller, dat wil zeggen dat de uitgangen 0 tot en met 9 één voor één hoog worden. Elke puls aan de ingang maakt de volgende uitgang actief. De 4017 kan in serie geschakeld worden.

Het intern schema en de aansluitgegevens van de 4017



Daarvoor komt, als de teller bij 9 is, op de volgende puls niet alleen de overgang naar uitgang 0, maar bovendien wordt pen 12 hoog zodat daarmee de volgende teller een stuurpuls krijgt voor de tientallen.

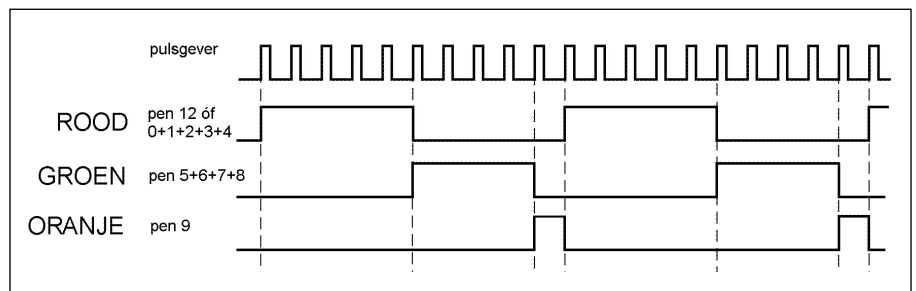
De werking van het verkeerslicht

Nu wil het geval dat pen 12 van de 4017 gedurende de eerste 5 klok-pulsen hoog blijft. Dat wordt gebruikt voor de aansturing van het rode licht. Op de zesde puls gaat rood uit en brandt groen. Op de zevende, achtste en negende puls blijft groen aan omdat alle uitgangen via een diode stroom leveren aan de groene LED. De dioden zorgen ervoor dat de uitgangen elkaar niet beïnvloeden, ze voorkomen dat een hoge uitgang stroom gaat leveren aan de lage uitgangen. Dat zou namelijk kortsluiting betekenen. De tiende puls laat groen doven en oranje licht op. Op de elfde puls wordt de cyclus herhaald.

Logisch diagram

Ook van deze schakeling kunnen we natuurlijk een logisch diagram opstellen, waardoor de werking van de schakeling opeens veel duidelijker wordt. We tekenen eerst de pulsen van de pulsgever en daaronder de rode, groene en oranje uitgangen van de teller.

Het logisch diagram van het Hollands verkeerslicht



Uit de grafieken blijkt nu bovendien duidelijk dat deze schakeling een beetje vreemde verhouding heeft tussen de rode, groen en oranje tijden. In een model spoorbaan ziet het effect er als decoratie echter heel realistisch uit. Als we meer tellers achter elkaar zouden hangen is het totaal aantal pulsen dat te verdelen valt veel groter. En voor die ene Euro die een 4017 kost mag dat geen belemmering zijn. Bovendien kunnen met andere diodeparen de overige verkeerslichten gesynchrooniseerd worden. In dat geval is het raadzaam het IC niet met meerdere dioden te belasten.

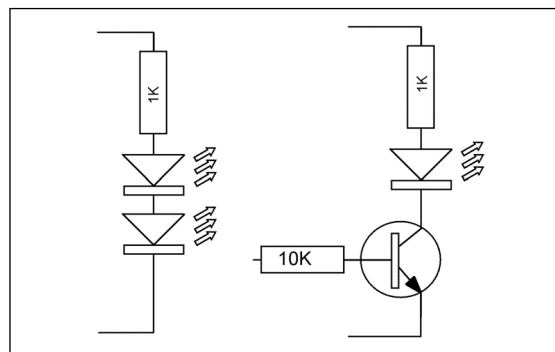
Automatische reset

Er is nog een extra aardigheidje in de schakeling verwerkt. Zodra de spanning op de schakeling gezet wordt, wordt de schakeling via pen 5 gereset door het RC-netwerkje. Dat wil zeggen dat de teller naar stand 0 springt. Hij begint dus altijd netjes op rood.

Uitgang bufferen

Het is verstandig de LED voorschakelweerstand iets hoger te nemen dan gebruikelijk. We kunnen twee LED'jes eventueel in serie zetten, daar wordt het stroomverbruik niet hoger van. Of we bufferen de uitgangen met een transistor trapje.

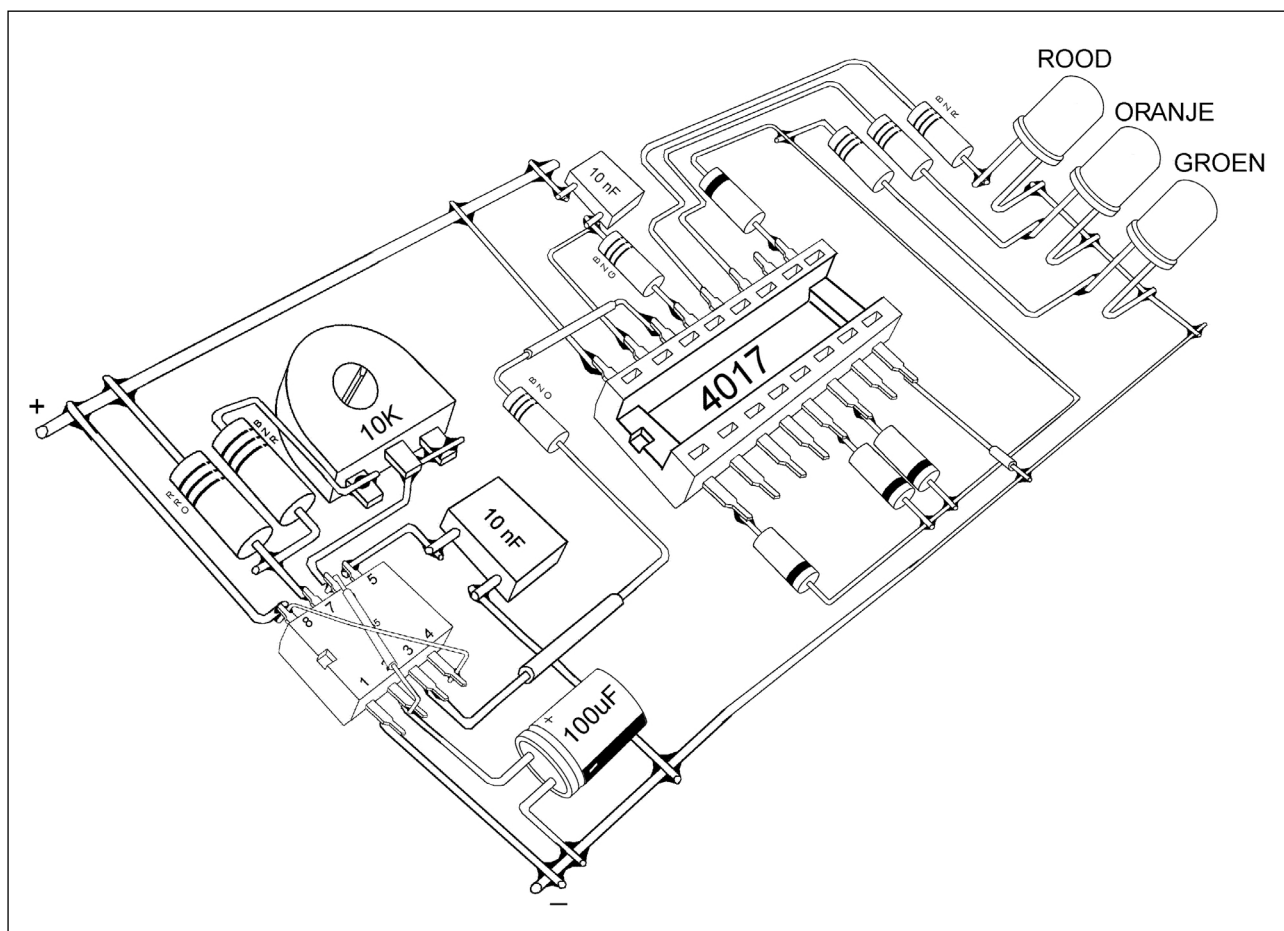
We kunnen de uitgangen bufferen met een transistortrapje, zodat onze 4017 niet te zwaar belast wordt



De takkenbos schakeling

Hoewel 16 pennen best wel veel is voor een takkenbos, zitten logische schakelingen vaak zo logisch in elkaar dat de aansluitingen niet écht

een probleem vormen. Wat dat betreft zijn we van de 555 al het een en ander gewend.



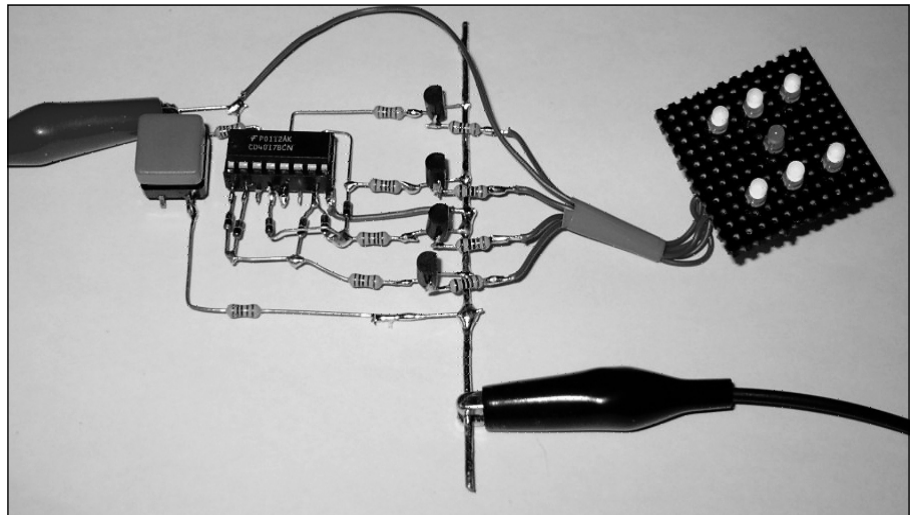
De takkenbos van ons verkeerslicht

De schakeling is opgebouwd rond de IC-voet. Het IC wordt pas geplaatst na controle van de bedrading.

Opmerking

In plaats van de overlooppuls op pen 12 van de 4017 hadden we ook de uitgangen nul tot en met vier, voorzien van een diode, voor rood licht kunnen gebruiken. Ook hier leiden dus meerdere wegen naar Rome.

De takkenbos van de elektronische dobbelsteen in werking

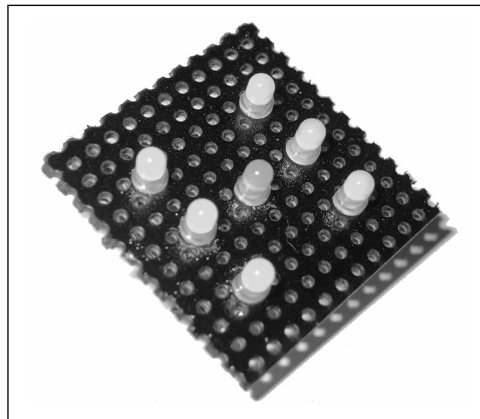


Let op hoe de weerstandjes gebruikt zijn als isolatie om de nul draad over te steken naar de LED-print.

De dobbelsteen zélf

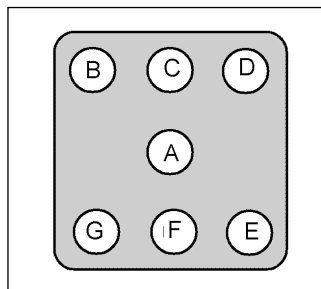
Inderdaad, de enige print in dit boek en niet eens een echte. De LED-jes zijn door een stukje gaatjesprint (te koop in iedere elektronica winkel) met kleine soldeereilandjes aan de achterzijde gestoken.

De “print” van de elektronische dobbelsteen



Eerst wordt één pootje vast gesoldeerd, de LED wordt netjes uitgericht en vervolgens wordt de andere poot vastgezet. De draadjes van de LED's die uitsteken aan de achterzijde worden naar elkaar gebogen en vast gesoldeerd, zodanig dat de gewenste paartjes gevormd worden. Let op de codering van de zeven LED's!

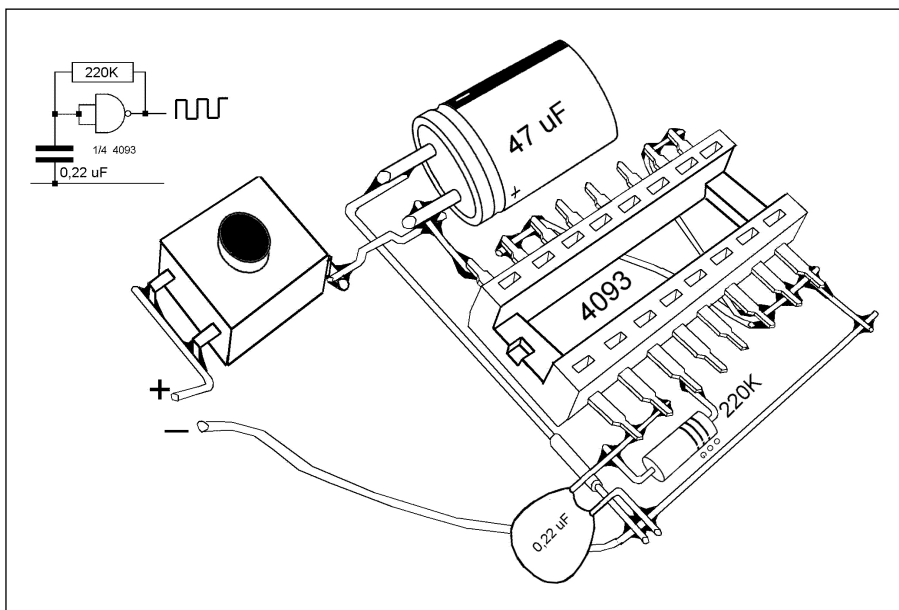
De letters A tot en met G bij de LED's verwijzen naar het schakelschema



Uitrollen van de dobbelsteen

Na elke druk op de knop telt de teller één stap voorwaarts en geeft de dobbelsteen het volgende getal. Als alles naar behoren werkt kan een van de pulsgevertjes de drukknop vervangen. Deze pulsgever laat de steen uitrollen voor een natuurgetrouw effect.

Met deze extra pulsgever, die de drukknop vervangt, zal de dobbelsteen natuurgetrouw uitrollen



Hij werkt volgens het uithongerings principe. Als de knop ingedrukt wordt laadt de condensator zich vol. Na het loslaten van de knop wordt de schakeling uit de elco gevoed, tot dat over is. De oscillator slaat af.

Slotopmerkingen

De niet gebruikte poort ingangen zijn aan de min lijn gelegd. Drie poortjes ongebruikt? Daar kun je een truc mee uithalen. Bijvoorbeeld als je zelf gooit rolt de zes boven. Je zou iets kunnen proberen met een lichtgevoelige weerstand die via de overgebleven poortjes de teller naar zes laat rollen. Als je het licht afschermt gooi je dan hoge ogen. Een schema voor zo'n schakeling? Na het doorwerken van dit boek zou je dat zelf moeten kunnen verzinnen.

15 Tot slot

De eerste kennismaking met elektronica

Dat was het dan, een eerste kennismaking met elektronica. We hebben ons beholpen met de meest eenvoudige middelen, maar toch al een aantal interessante schakelingen gebouwd. Als je eenmaal de techniek beheerst waarmee je zelf printen kunt maken, zijn de mogelijkheden helemaal onbegrensd. De mix van discrete onderdelen als transistoren, op-amp's, toegespitste IC's voor bepaalde functies én de krachtige bouwstenen die te krijgen zijn als digitale IC's biedt een platform voor creativiteit. De werkterreinen zijn praktisch onbegrensd. En als het allemaal toch een beetje teveel is, knutsel eens een bouw pakket in elkaar.

Elektronica, doe er iets mee!

Internet

Op het Internet vind je letterlijk honderden sites waarop duizenden elektronica schema's en bouwbeschrijvingen zijn te vinden. Echter, de meeste van die sites zijn Engelstalig en de toelichting bij de schema's is meestal minimaal.

www.vego.nl

Wij willen onszelf niet op de borst kloppen, maar het is nu eenmaal een feit dat de uitgever van dit boek met www.vego.nl een uitstekende Nederlandstalige elektronica-site onderhoudt. Als je in het hoofdmenu op de optie "Bouwbeschrijvingen voor de elektronica hobbyist" klikt, kom je in een sub-menu met links naar een 35-tal meestal eenvoudige bouwbeschrijvingen van nuttige en handige apparaatjes. Met bovendien een uitgebreide Nederlandstalige beschrijving van de werking en de bouw. Aan te bevelen voor de startende elektronica hobbyist is bijvoorbeeld de "Multi-tester voor passieve en actieve onderdelen".

Op de site www.vego.nl tref je bijvoorbeeld deze eenvoudige multi-tester aan, waarmee je alle in dit boek beschreven onderdelen kunt testen

Eenvoudige multi-tester - Microsoft Internet Explorer - [Off line werken]

Bestand Bewerken Beeld Ga naar Favorieten Help

Op dezelfde manier kan men thyristoren en triac's testen. In de meeste gevallen zal men dan S2 in de stand 'VERMOGEN' moeten zetten. Door het vloeien van de gate-stroom moet de thyristor of de triac gaan geleiden. De LED gaat dan branden. Verbreekt men de verbinding met de gate dan moet de LED echter blijven branden. Een eenmaal ontstoken thyristor of triac kan immers alleen gedoofd worden door de stroom onder de houdwaarde te brengen. Dat doet men door even de 'KA'-aansluiting los te koppelen. De LED moet dan doven en gedoofd blijven als men deze verbinding weer herstelt.

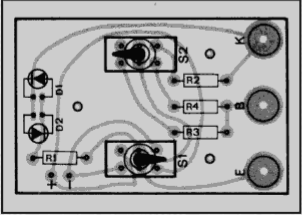
WEERSTANDEN					
R1	330 Ohm	1/4 W koolweerstand, 5 %	R2	10 Ohm	1/4 W koolweerstand, 5 %
R3	2,2 kOhm	1/4 W koolweerstand, 5 %	R4	47 Ohm	1/4 W koolweerstand, 5 %

HALFGELEIDERS					
D1	LED	5 mm, rood	D2	LED	5 mm, rood

DIVERSEN					
2	-	tuimelschakelaars, 2 x OM	2	-	soldeerlijpjes
3	-	stekerbussen, 4 mm	1	-	kastje, TEKO P-2

DE BOUW VAN DE TESTER

De componentenopstelling volgt uit figuur 2. Alle onderdelen kunnen op het printje worden ondergebracht. Na het solderen van de drie weerstanden komen de twee LED's aan de beurt. Deze moeten ongeveer 10 mm boven het printoppervlak uitsteken. De twee tuimelschakelaars worden aan hun zes aansluitlipjes voorzien van stevige draadjes, bijvoorbeeld de afgeknipte draadeinden van de weerstanden. Nadat men deze met zo weinig mogelijk soldeer op de lipjes heeft bevestigd kan men de schakelaars als ware het echte printuitvoeringen door de gaatjes van de print duwen totdat de schakelaars op het printoppervlak rusten. Nadien aan de achterkant vast solderen en de schakelaars zitten muurvast!



Figuur 2: De componentenopstelling.

In de onderste drie gaatjes van de print die, tussen haakjes tot 6,5 mm moeten worden uitgeboord, kan men de drie 4 mm stekerbussen monteren. Alle kunststof buisjes worden aan de componentenzijde van de print op de draadbus van de stekerbussen geschoven. Nadien wordt het geheel met het moortje op het koperen zijantje vast geschroefd. Het solderen van twee printsoldeerlijpjes voor het aansluiten van de batterij beëindigt de montage van de print. De print kan, samen met de batterij, ondergebracht worden in een TEKO kastje en wel een met het typennummer P/2.

Met dit eenvoudig apparaatje zijn onderdelen zoals weerstanden, condensatoren, dioden, transistoren en LED's te testen. Ook de "Transistor-tester voor PNP en NPN" is een aanrader.

Bron van informatie

De site www.vego.nl is bovendien een algemene bron van informatie voor iedere elektronica hobbyist. Naast de genoemde bouwbeschrijvingen vind je op deze site meer dan 1.000 pagina's met Nederlandstalige elektronica-informatie.

Om een voorbeeld te noemen, in de menu-optie "Praktijk-tip's voor de elektronica ontwerper" staan meer dan 80 tips, eenvoudige schakelingen waarvan de meeste na het lezen van dit boek wel begrijpelijk en dus bruikbaar zullen zijn.

De "Praktijk-tip's voor de elektronica ontwerper" zijn een bron van informatie voor iedere hobbyist

Operationale versterker als digitale pulsgever - Microsoft Internet Explorer - [Off line werken]

Bestand Beveiligen Beeld Ga naar Favorieten Help

Vego's praktijk-tip's voor de elektronica ontwerper:

Operationele versterker als digitale pulsgever

Pulsgevers worden in de digitale elektronica vaak gebruikt. In de meeste gevallen gebruikt men daarvoor een poort met Schmitt-trigger werking, zoals de 7413. Men kan ook een 'overbodige' operationele versterker uit een viervoudig op-amp IC gebruiken, in de veronderstelling althans dat de noodzakelijke frequentie niet hoger is dan enige tientallen kHz. Het schema is getekend in onderstaande figuur.

De op-amp van het type CA3140 wordt gevoed tussen de massa en de +5 V. Een 741 is niet bruikbaar, want dit IC kan zijn uitgang niet tot onder de +0,4 V sturen. En dat is wél noodzakelijk in TTL-elektronica!

De niet-inverterende ingang wordt door middel van de spanningsdeler R1/R2 ingesteld op een positieve spanning. Bij het inschakelen van de voedingsspanning is de condensator C1 ontladen. De spanning op de inverterende ingang is dus lager dan deze op de niet-inverterende ingang, de uitgang van de schakeling is 'H'. De condensator gaat nu via de terugkoppelweerstand R3 opladen uit deze spanning.

Op een bepaald moment t_1 wordt de spanning op de inverterende ingang gelijk aan de spanning op de niet-inverterende ingang. De schakeling klappt om en de uitgang gaat naar 'L'. De diode D1 gaat geleiden en sluit de inverterende ingang kort naar de uitgang.

Het gevolg is dat de spanning op deze ingang terug valt op ongeveer +0,7 V. De spanning op de inverterende ingang is nu zeker hoger dan deze op de niet-inverterende ingang en de uitgang blijft 'L'. De condensator C1 gaat nu via R3 ontladen. Op moment t_2 wordt de spanning op de inverterende ingang lager dan deze op de niet-inverterende ingang. De schakeling klappt naar de beginstand, dus uitgang 'H'. De diode D1 gaat sperren en de niet-inverterende ingang wordt weer ingesteld op een positieve spanning. De condensator kan weer gaan laden.

De frequentie van de schakeling wordt bepaald door de onderdelen C1 en R3.

[Klik hier](#) ... en ga terug naar de index van Vego's praktijk-tip's
[Klik hier](#) ... en ga terug naar de hoofd-inhoud van de Vego-site

Gereed Deze computer

16 Foutzoeken

Voorals de schakelingen ingewikkelder worden, kunnen bedradingsfouten optreden. Kijk goed naar de takkebostekeningen. Een verdraald druppeltje soldeer kan sluiting veroorzaken. De meest gemaakte fouten en hun remedies op een rij.

Verkeerde aansluiting

Check het schema en de bouwtekening nog eens zorgvuldig.

Geen voedingsspanning

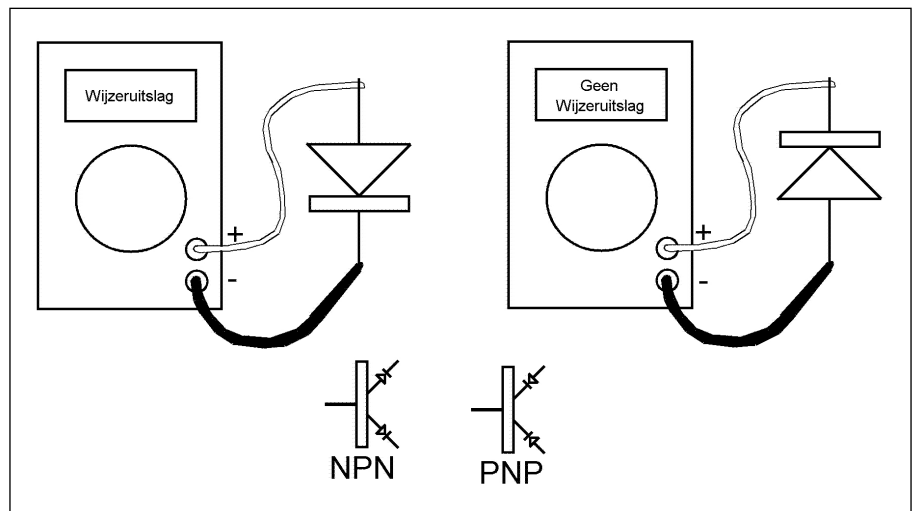
Is de voeding per ongeluk verkeerd aangesloten, of zit de stekker er niet in?

Verdachte transistor

Zet de universeelmeter in het weerstandsbereik. De rode draad van een universeelmeter voert nu een positieve spanning. Verbindt die met de basis van de transistor. Verbindt de zwarte draad met achtereenvolgens de emitter en de collector.

Bij een NPN transistor zie je in beide gevallen een uitslag (of weerstandswaarde). Bij PNP transistoren mag je geen uitslag zien.

Het doormeten van een transistor of diode met de digitale universeelmeter



Verbindt nu de zwarte draad met de basis. Nu mag de NPN transistor geen uitslag vertonen op de emitter en de collector. Een PNP juist wél. Deze truc is gebaseerd op de meting aan een diode.

LED

Een LED kan als een diode worden doorgemeten. Handiger is het rechtstreeks aansluiten van de voedingsspanning over de combinatie LED voorschakelweerstand. Zit de LED verkeerd om? Let op het platte vlakje dat de doorlaatrichting aangeeft. Nog steeds twijfel? Draai dan de voedingsspanning om.

Weerstanden

Weerstanden hebben vaak een aantal extra ringen die het aflezen niet handiger maken. De waarde wordt aangegeven door de drie kleurenringen aan de rand van het onderdeel, zie het volgende hoofdstuk. De vierde ring is meestal goud.

Meet voor alle zekerheid een weerstand even door. Een foute waarde is snel gepakt.

Warmte

Voel even aan weerstanden en transistoren terwijl de schakeling in gebruik is. Wordt er iets heet? Foute boel. Hier loopt een te grote stroom.

17 Toegepaste onderdelen

De elektronische onderdelen

Weerstanden

Op moderne weerstanden staan meerdere ringen die behalve de weerstandswaarde ook nog zaken aangeven als tolerantie en temperatuurscoëfficiënt.

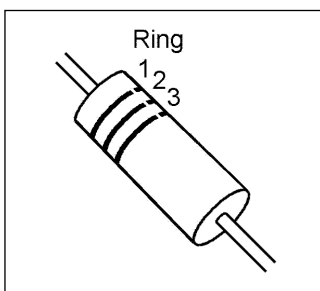
De eerste drie ringen geven de weerstandswaarde in kleuren.

De drie meest linkse gekleurde ringen definiëren de waarde van de weerstand

	Ring 1	Ring 2	Ring 3
Zwart	0	0	maal 1
Bruin	1	1	maal 10
Rood	2	2	maal 100
Oranje	3	3	maal 1000
Geel	4	4	maal 10000
Groen	5	5	maal 100000
Blauw	6	6	maal 1000000
Violet	7	7	maal 10000000
Grijs	8	8	
Wit	9	9	

“Zwarts Brengt Rozen Op Geels Graf Bij Vies Goor Weer” is het ezelsbruggetje dat de volgorde van de kleuren die de weerstandswaarde aangeven vastlegt.

De twee eerste ringen geven numerieke waarden aan, de derde ring is een vermenigvuldigings factor



Een weerstand met ringen rood, rood, oranje heeft een waarde van 22 K.

Immers:

- ◆ Eerste rode ring: 2
- ◆ Tweede rode ring: 2
- ◆ Derde oranje ring: maal 1.000

geeft 22 ohm maal 1.000, dus 22.000 ohm oftewel 22K.

Weerstandswaarden zijn niet willekeurig, maar voldoen aan de volgende zogenaamde E-12 reeks:

10-12-15-18-22-27-33-39-47-56-68-82

Bovenstaande waarden zijn ook beschikbaar vermenigvuldigd met:

10-100-1.000-10.000-100.000

Condensatoren

Op de meeste condensatoren staat de waarde aangegeven onder de vorm van een getal en een eenheid. Die eenheid kan pF zijn (pico farad), nF (nano farad) of uF (micro farad). Het onderlinge verband volgt uit de onderstaande tabel.

Het verband tussen de waarde van een condensator uitgedrukt in pF, nF, uF en F

Pico Farad	Nano Farad	Micro Farad	Farad
100 pF	0,1 nF	0,0001 uF	0,0000001 F
1000 pF	1 nF	0,001 uF	
10000 pF	10 nF	0,01 uF	
100000 pF	100 nF	0,1 uF	
1000000 pF	1000 nF	1 uF	

Tussen pF, nF en uF zit dus steeds een vermenigvuldiging met 1.000.

Transistoren

Er zijn honderden verschillende transistoren te koop, maar voor onze takkenbossen zijn onderstaande typen aan te bevelen.

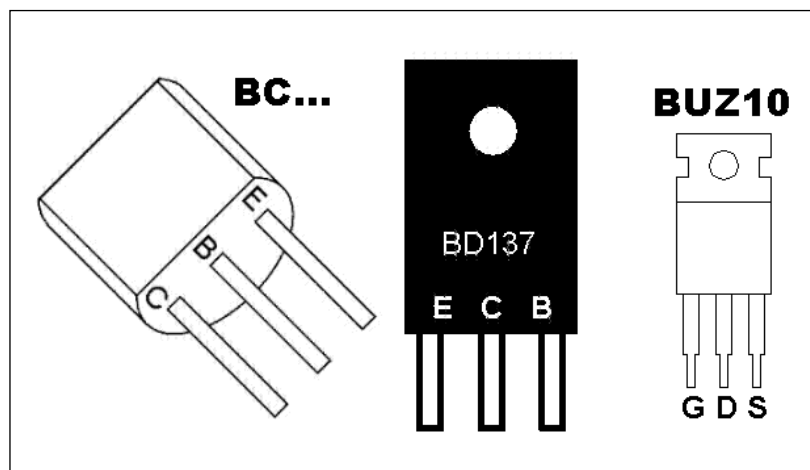
Een overzicht van de transistoren die we in onze takkenbossen kunnen toepassen

Type	PNP	V-max	I-max	Toepassing
	NPN	Volt	Ampère	
BC108	N	20	0,2	Laag vermogen
BC548	N	30	0,2	Laag vermogen
BC558	P	30	0,2	Laag vermogen
BC547	N	45	0,2	Laag vermogen
BC557	P	45	0,2	Laag vermogen
BC140	N	40	1	Eindtrappen
BD137	N	60	2	Eindtrappen
BD138	P	60	2	Eindtrappen
BD139	N	80	2	Eindtrappen
BD140	P	80	2	Eindtrappen
BUZ10	N-kanaal	50	19	Hoog vermogen Mosfet

Voor universele toepassingen volstaan een spanning van 20 volt en een stroom van 200 milliampère. Voor luidspreker en motor aansturing hebben we 40 volt en 2 ampère nodig.

Voor alle zekerheid geven we nog eens de aansluitgegevens van de universele transistoren die in de tabel staan.

De aansluitgegevens van de in onze takkenbossen toegepaste transistoren



Boodschappenlijstje

Een voorraadje is altijd handig	Het zou nogal onhandig zijn als we voor elk nieuw hoofdstuk de benodigde onderdeeltjes zouden moeten kopen of bestellen, maar het kan natuurlijk wel. Het is beter een klein universeel magazijntje aan te leggen met de volgende onderdelen.
Weerstanden	Van de waarden uit de E-12 reeks elk 10 stuks. In de handel zijn prachtige assortimentsdozen te koop met een vakje per waarde tegen alleszins redelijke kosten. Een serie meest voorkomende weerstanden in zo'n doos kost dan nog geen 15 Euro.
Condensatoren	<p>De verscheidenheid aan condensatoren in dit boek is beperkt. 1 nF, 10 nF, 100 nF, 270 nF en 1 uF zijn waarden die bij de projecten in dit boek horen.</p> <p>Als elektrolytische condensatoren zijn 1 uF, 10 uF, 100 uF en 470 uF handige waarden.</p> <p>Een aantal van 4 per waarde geeft een goede basis. Meer mag natuurlijk altijd.</p> <p>Ook condensatoren zijn er in handige assortimentsverpakkingen. Zo kost een uitgebreide serie elco's (50 stuks) ongeveer 20 Euro.</p>
Transistoren	<p>Transistoren zijn tegenwoordig bijna gratis (rond de 20 Eurocent)</p> <p>Van het NPN type is een voorraadje van 10 stuks erg handig. Voor PNP is 5 genoeg.</p>
Diverse onderdelen	<ul style="list-style-type: none">◆ LDR;◆ NTC;◆ Universele diode, zoals de 1N4148;◆ IC's, 741, 555, 4093 en 4017;◆ Instelpotmetertjes;◆ Drukknopjes in diverse uitvoeringen;◆ Klein luidsprekertje;◆ LED's, eventueel in meerdere kleuren;◆ Piëzo zoemer;◆ Relais;◆ Speelgoedmotortje of cassetterecordermotortje;◆ 8 en 16 pins IC-voetjes.
Adressen voor onderdelen	<p>Zowel Nederland als België hebben een uitstekend distributienetwerk voor elektronica componenten. Sommigen zijn ook op het Internet te vinden.</p> <p>Op (alweer) www.vego.nl vind je onder de menu-optie "Adressen en links van elektronica informatie" een uitgebreide lijst van Nederlandse en Belgische onderdelen leveranciers.</p>

Willem H. M. van Dreumel

Takkenbos elektronica

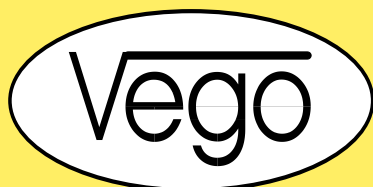
85 pagina's
140 illustraties

NUGI 433

Elektronica heeft in de afgelopen jaren onzichtbaar bezit genomen van ons leven. De computer, GSM, GPS, PDA, Internet maar ook huishoudapparatuur kan niet zonder geavanceerde elektronica. Het vakgebied heeft zich snel ontwikkeld, zo snel dat vakliteratuur voor leken nog maar moeilijk toegankelijk is.

Dit boek geeft een opstap naar de basis. Het is een doe boek waarin belangrijke schakelingen uit de elektronica, uitgevoerd in een aantal basis technologieën in speelse projecten bouwklaar worden gepresenteerd. Omdat geen gebruik gemaakt wordt van printplaten, kunnen de projecten zonder noemenswaardige voorbereiding tegen zeer lage kosten gerealiseerd worden.

Dát, én de gestructureerde opzet naar technologie en type schakeling, maakt dit boek geschikt voor een eerste persoonlijke ontdekkingsreis maar ook voor een interessante educatieve introductie in de techniek die aan de basis van onze informatiemaatschappij ligt.



ISBN 90-805610-5-3



9 789080 561052